

SANAL ORTAMDA ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN GÜNEŞ SİSTEMİNDEKİ GÖZLEM VE MERAKLARININ GÖZ TAKİP CİHAZIYLA İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS' OBSERVATIONS AND CURIOSITIES ABOUT THE SOLAR SYSTEM WITH EYE TRACKING DEVICE IN VIRTUAL ENVIRONMENT

Bircan KASIMOĞLU

Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7823-4344>

kasimoglubircan4@gmail.com

Suat TÜRKOGUZ

Prof.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İzmir, Türkiye

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7850-2305>

suat.turkoguz@gmail.com

Received: May 14, 2025

Accepted: June 29, 2025

Published: July 31, 2025

Suggested Citation:

Kasimoğlu, B., & Türkoguz, S. (2025). Sanal ortamda ortaokul öğrencilerinin güneş sistemindeki gözlem ve meraklarının göz takip cihazıyla incelenmesi. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 14(3), 59-76.



Copyright © 2025 by author(s). This is an open access article under the [CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Öz

Fen Bilimleri eğitimi, öğrencilerin çevresini bilimsel bakış açısıyla sorgulamasını ve doğa olaylarını anlamasını hedefleyen bir disiplin olup, bu süreci çoğu zaman soyut ve karmaşık kavramlarla yürütür. Özellikle Güneş Sistemi gibi konular, gözle doğrudan deneyimlenememesi nedeniyle öğrenciler için kavramsal öğrenmede zorluk yaratmaktadır. Bu araştırma, bu zorluğu aşmak amacıyla teknoloji destekli sanal bir öğrenme ortamında göz izleme (eye-tracking) teknolojisini kullanarak öğrencilerin dikkat, odaklanma ve merak düzeylerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında İzmir ilindeki devlet okullarında öğrenim gören 7. ve 8. Sınıfa devam eden toplam 60 öğrenci ile yürütülmüştür. Uygulama kapsamında öğrenciler, Tobii Eye Tracker cihazı ile izlenerek sanal ortamda etkileşimli içeriklerle karşılaşmış; öğrencilerin göz hareketleri, odaklanma süreleri ve görsel dikkat haritaları analiz edilmiştir. Ayrıca "Astronomi Tutum Ölçeği" ön-test ve son-test olarak uygulanmıştır. Bulgular, öğrencilerin özellikle görsel olarak dikkat çekici gök cisimlerine daha fazla odaklandıklarını ve ön bilgileriyle ilişkilendirebildikleri gezegenlerde daha uzun gözlemler gerçekleştirdiklerini ortaya koymuştur. Ayrıca sanal ortamda etkileşimli öğrenim sürecinin öğrencilerin astronomiye yönelik tutumlarında istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı görülmüştür. Bu çalışma, sanal gerçeklik destekli öğretim ortamlarının, soyut bilimsel kavramların anlaşılmasını kolaylaştırmada ve öğrencilerin bilimsel merakını artırmada etkili bir araç olduğunu göstermektedir.

Anahtar Terimler: Sanal gerçeklik, göz izleme, fen eğitimi, soyut kavramlar, dikkat, astronomi eğitimi, tutum ölçeği.

Abstract

Science education is a discipline that aims to enable students to question their surroundings from a scientific perspective and to comprehend natural phenomena. However, this process often involves abstract and complex concepts that can hinder conceptual understanding, particularly for middle school students. Topics such as the Solar System, which cannot be directly experienced through observation, pose significant challenges in grasping the content meaningfully. This study aimed to address these challenges by examining students' levels of attention, focus, and curiosity in a technology-enhanced virtual learning environment using eye-tracking technology. The study was conducted during the 2023–2024 academic year with 60 students from 7th and 8th grades attending public schools in İzmir, Turkey. During the application phase, students interacted with simulation-based astronomy content in a virtual environment while their eye movements were recorded using a Tobii Eye Tracker device. Visual data such as gaze paths, fixation durations, and heatmaps were analyzed to assess visual attention. Additionally, the "Astronomy Attitude Scale" was administered as both a pre-test and post-test to evaluate changes in students' attitudes toward astronomy. Findings revealed that students tended to focus more on visually appealing celestial bodies and spent longer observation times on planets that they could associate with prior knowledge. Furthermore, a statistically significant improvement was observed in students' attitudes toward astronomy following the virtual learning activity. These results demonstrate that virtual reality-supported learning environments serve as effective tools not only for facilitating the comprehension of abstract scientific concepts but also for nurturing scientific curiosity and motivation in students.

Keywords: Virtual reality, eye tracking, science education, abstract concepts, attention, astronomy education, attitude scale.

GİRİŞ

Fen Bilimleri eğitimi, bireylerin çevrelerini bilimsel bir merakla sorgulamalarını, gözlem yapmalarını ve doğa olaylarını anlamlandırmalarını amaçlayan temel bir öğrenme alanıdır. Bu disiplin, öğrencilere eleştirel düşünme, problem çözme ve kanıta dayalı karar verme gibi üst düzey bilişsel beceriler kazandırmayı hedeflemektedir (Bybee, 2013). Ancak Fen Bilimleri dersi kapsamında ele alınan bazı konular, özellikle astronomi gibi alanlar, soyutluk düzeyleri yüksek, doğrudan gözlemlenemeyen ve geniş zaman-mekân ölçeklerine sahip olmaları nedeniyle öğrenciler tarafından anlaşılması zor kavramları içermektedir (Kara & Yıldırım, 2021). Bu durum, öğrencilerin öğrenmeye yönelik ilgilerinde azalmaya ve kavramsal öğrenme eksikliklerine neden olabilmektedir.

Özellikle Güneş Sistemi konusu, öğrencilerin günlük yaşamda doğrudan deneyimleyemedikleri soyut yapıları içermesi nedeniyle, görsel destekler ve somutlaştırıcı öğrenme stratejileri gerektiren bir konu başlığıdır. Literatürde, bu tür soyut kavramların etkili şekilde öğretilmesi için teknolojinin eğitsel amaçlarla kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır (Clark & Mayer, 2016; Erdemir & Bakırcı, 2009). Bu bağlamda, sanal gerçeklik (Virtual Reality, VR) tabanlı öğretim ortamları, öğrencilerin üç boyutlu uzayı algılayabilmelerini, soyut kavramları gözlemlenebilir hale getirmelerini ve öğrenme sürecine aktif olarak katılmalarını sağlayan yenilikçi araçlar arasında yer almaktadır (Makransky & Mayer, 2022).

Öğrenme sürecinde öğrencilerin dikkat, odaklanma ve merak gibi bilişsel-duyuşsal özellikleri, öğrenmenin derinliği ve kalıcılığı üzerinde doğrudan etkiye sahiptir (Berlyne, 1960; Renninger & Hidi, 2016). Bu bağlamda, eğitim ortamlarının bu duyuşsal süreçleri destekleyici şekilde tasarlanması ve izlenebilir hale getirilmesi gerekmektedir. Göz izleme (eye tracking) teknolojisi, bireylerin ekran üzerindeki görsel dikkat dağılımını nesnel biçimde analiz edebilmesiyle öne çıkmakta ve öğrencilerin öğrenme sürecinde hangi içeriklere ne ölçüde odaklandığını doğrudan ölçebilme olanağı sunmaktadır (Holmqvist vd., 2011).

Mevcut araştırmalarda göz izleme tekniğinin okuma, problem çözme ve görsel dikkat üzerine etkileri incelenmiş olsa da ortaokul öğrencilerinin sanal ortamda astronomi konularıyla etkileşimleri sırasında dikkat ve merak düzeylerinin objektif olarak analiz edilmesine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır (Tsai vd., 2012; Lai vd., 2013). Bu boşluğu doldurmak amacıyla yürütülen bu çalışma, sanal gerçeklik destekli bir öğrenme ortamında göz izleme yöntemi kullanarak öğrencilerin Güneş Sistemi konusundaki dikkat, odaklanma ve merak düzeylerini analiz etmeyi hedeflemektedir.

Bu araştırmanın bir diğer önemli amacı, sanal öğrenme ortamlarının öğrencilerin astronomiye yönelik tutumları üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Bilimsel konulara yönelik olumlu tutum geliştiren bireylerin, bilimsel okuryazarlık düzeylerinin ve kariyer ilgilerinin arttığı birçok çalışmada vurgulanmaktadır (Osborne vd., 2003; Yılmaz & Bayraktar, 2014). Bu nedenle, öğrencilerin sanal ortamda gerçekleştirdikleri astronomi gözlemleri ile bilimsel tutumları arasındaki ilişki de araştırmanın önemli bir boyutunu oluşturmaktadır.

Bu Çalışmanın Özgün Katkısı

Bu çalışmanın literatüre en özgün katkılarından biri, göz izleme teknolojisinin sanal gerçeklik destekli bir astronomi öğretim ortamında, ortaokul düzeyinde ilk kez bu kapsamda kullanılmasıdır. Göz izleme genellikle okuma davranışları, problem çözme ve yetişkin düzeyinde bilişsel süreçlerin incelenmesinde kullanılmakta; ancak ortaokul öğrencilerinin fen eğitimi bağlamındaki öğrenme süreçlerine yönelik kullanımı oldukça sınırlıdır (Tsai vd., 2012; Lai vd., 2013). Bu çalışma, bu alandaki boşluğu doldurarak hem yöntemsel hem de uygulama yönünden yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır.

Ayrıca araştırma, fen eğitimi literatüründe çok az sayıda bulunan nesnel dikkat verisi ve tutum ölçeği birleşimini içermesi bakımından metodolojik çeşitlilik açısından güçlüdür. Bu tür veri ikilemesi, öğrenmenin yalnızca sonuçlarını değil; süreçteki davranışları da derinlemesine analiz etmeye olanak tanımaktadır.

Kuramsal Arka Plan

Bilimsel kavramların öğretiminde en çok karşılaşılan zorluklardan biri, öğrencilerin soyut bilgileri anlamlandırmakta güçlük çekmeleridir. Özellikle fen bilimleri gibi kavramsal yoğunluğu yüksek derslerde, öğrencilerin çevrelerinde doğrudan gözlemleyemedikleri olaylar ve nesnelerle ilgili bilgi edinmeleri, geleneksel yöntemlerle sınırlı kalabilmektedir. Bu durum, öğrenme motivasyonunun azalmasına, yanlış kavram gelişimlerine ve kalıcı öğrenmenin gecikmesine neden olabilmektedir (Treagust vd., 2006). Bu bağlamda eğitim teknolojilerinin, özellikle sanal gerçeklik (Virtual Reality – VR) gibi yenilikçi araçların, soyut kavramların öğrenimini kolaylaştırmada önemli bir rol üstlendiği birçok çalışmada vurgulanmaktadır (Dalgarno & Lee, 2010).

Sanal gerçeklik, öğrencilerin üç boyutlu bir dijital evrende yer alarak içerikle doğrudan ve etkileşimli biçimde etkileşime girmelerine olanak sağlar. Bu sayede öğrenciler, yalnızca izleyici değil, aktif birer katılımcı olarak öğrenme sürecine dâhil olurlar. Özellikle uzay ve astronomi gibi alanlarda sanal ortamlar, öğrencilerin zaman ve mekân sınırlamalarını aşarak soyut kavramlara görsel olarak erişebilmesine imkân tanır. Örneğin, öğrencinin Jüpiter’in halkalarını yakından incelemesi, Plüton’un yörüngesini gözlemlemesi veya Arcturus gibi yıldızların konumlarını keşfetmesi geleneksel yöntemlerle mümkün değildir. Ancak sanal ortamda bu deneyimler gerçekçi biçimde yaşanabilmektedir (Makransky & Mayer, 2022; Merchant vd., 2014).

Bu araştırmanın kuramsal temelini oluşturan yaklaşımlardan biri, Mayer’in Çoklu Ortam Kuramıdır (Mayer, 2009). Bu kurama göre öğrenme süreci, bireyin hem görsel hem de işitsel bilgi kanallarını uyumlu biçimde kullanarak zihinsel temsiller oluşturmaıyla gerçekleşir. Bilginin kalıcı hâle gelmesi için öğrencinin bilişsel olarak aktif olması, materyallerin görsel ve işitsel uyarılarla desteklenmesi ve öğrenme yükünün dengelenmiş olması gerekir. Sanal gerçeklik uygulamaları, bu kuramsal çerçevede öğrencilere hem dikkat çekici hem de bilişsel açıdan anlamlı içerikler sunarak çoklu ortam öğrenmesini desteklemektedir. Ayrıca öğrencinin bireysel hızına göre ilerleyebilmesi, mekânsal ilişkileri manipüle edebilmesi ve içerikle aktif etkileşim kurabilmesi, öğrenme sürecinde daha derin bir işlemeyle olanak tanır.

Görsel dikkat ve odaklanma süreçleri, özellikle dijital öğrenme ortamlarında öğrencinin içerikle kurduğu ilişkinin en kritik göstergelerindendir. Öğrencinin ekranda nereye baktığı, ne kadar süreyle bir içeriğe odaklandığı, dikkatini ne sıklıkla kaydırdığı ya da hangi alanlara tekrar tekrar döndüğü gibi göstergeler, öğrenme sürecinin niteliğine dair önemli ipuçları verir. Bu bağlamda göz izleme (eye tracking) teknolojisi, öğrenme sürecini nesnel olarak analiz etme imkânı sunar. Göz izleme sistemi sayesinde bireyin dikkat dağılımı, odaklanma yoğunluğu, metin-görsel geçişleri ve etkileşim süreleri yüksek hassasiyetle kayıt altına alınabilmekte ve bu veriler eğitimsel analizlerde kullanılabilir (Holmqvist vd., 2011).

Son yıllarda yapılan araştırmalar, göz izleme teknolojisinin yalnızca pazarlama ve psikoloji gibi alanlarda değil; eğitimde de etkili bir veri kaynağı olduğunu göstermektedir (Lai vd., 2013). Öğrencilerin ekran üzerindeki görsel davranışlarının analiz edilmesi, öğretim materyallerinin yeniden tasarlanmasında, içerik yerleşiminin düzenlenmesinde ve öğrenme stratejilerinin belirlenmesinde öğreticilere rehberlik etmektedir. Ancak göz izleme tekniklerinin özellikle ortaokul düzeyinde, VR ortamlarında ve fen eğitimi bağlamında kullanımı oldukça sınırlıdır. Bu çalışmanın özgün katkısı da bu noktada ortaya çıkmaktadır: Göz izleme teknolojisi, sanal ortamda öğrenen ortaokul öğrencilerinin dikkat ve odaklanma süreçlerini ilk kez bu kapsamda analiz etmek için kullanılmıştır.

Ayrıca dikkat, merak ve odaklanma gibi değişkenlerin yalnızca davranışsal düzeyde değil, duyuşsal ve motivasyonel yönleriyle de ele alınması gerektiği belirtilmektedir. Renninger ve Hidi (2016), bireysel ilginin ve akademik merakın, öğrenmenin kalıcılığı üzerinde önemli etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Öğrencinin dikkatinin belirli içeriklere yönelmesi yalnızca görsel unsurların etkisiyle değil; aynı zamanda öğrencinin önceki bilgileriyle ilişki kurabilme düzeyi, içeriğin bireysel anlam taşıyıp taşımadığı gibi bilişsel ve duyuşsal etkenlerle de şekillenmektedir. Bu nedenle araştırmada göz izleme verileri ile tutum ölçekleri birlikte değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın kuramsal çerçevesi üç temel yapı taşına dayanmaktadır: (1) sanal gerçeklik destekli öğrenme ortamlarının soyut kavramlara erişimi kolaylaştırması, (2) Mayer’ın çoklu ortam kuramı ile etkileşimli içeriklerin öğrenme üzerindeki olumlu etkileri ve (3) göz izleme teknolojisinin eğitimdeki davranışsal analizleri desteklemesi. Bu kuramsal temeller doğrultusunda geliştirilen araştırma hem öğretim tasarımı hem de veri toplama süreci açısından yenilikçi ve bilimsel olarak katkı sunabilecek bir yaklaşım sergilemektedir.

Problem Cümlesi

Araştırmanın ana problemi “Ortaokul öğrencileri sanal ortamda Güneş Sistemi’ni incelerken hangi gezegenlere odaklanmakta ve merak duymaktadır?” şeklinde ifade edilmiş ve alt problemler ise aşağıda sırasıyla belirtilmiştir:

1. Katılımcıların sanal uygulama ekranında gezegenlere ilişkin odaklandıkları bilgiler nelerdir?
2. Hangi gezegenlere daha fazla odaklanmış ve merak duymuşlardır?
3. Sanal uygulama, öğrencilerin astronomiye yönelik tutumlarını ne düzeyde etkilemiştir?

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu araştırma, göz izleme verilerine dayalı nicel veri toplama teknikleri kullanılarak yürütülmüştür. Bu yaklaşım, eğitim araştırmalarında öğrenme süreçlerinin çok boyutlu biçimde değerlendirilebilmesine olanak tanıyan güçlü bir metodolojik çerçeve sunar. Özellikle göz izleme gibi davranışsal analizler, öğrencilerin dikkat, odaklanma ve tutum değişkenlerinin nesnel biçimde incelenmesine imkân tanımaktadır. Bu araştırmada kullanılan desen, eş zamanlı veri toplama mantığıyla yapılandırılmıştır. Bu kapsamda tüm veriler aynı zaman diliminde toplanmış, bağımsız olarak analiz edilmiş ve yorumlama aşamasında bütünleştirilerek sonuçların güvenilirliği artırılmıştır. Böylece göz izleme cihazı ile elde edilen sayısal bulgular, öğrencilerin öğrenme süreçlerine ilişkin tutum değişimleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, eğitim teknolojileri alanında davranışsal verilerin bütüncül biçimde yorumlanmasına olanak sağlamıştır.

Araştırmanın bu modeli tercih etmesinin bir diğer önemli nedeni, dikkat, merak, odaklanma ve tutum gibi çok katmanlı öğrenme çıktılarının tek bir ölçme aracıyla tam olarak açıklanamayacak olmasıdır. Bu kapsamda özellikle göz izleme verileri, öğrenci davranışlarının zamana bağlı analizini sağlarken; tutum ölçekleri ise bu davranışların duyuşsal boyutuna nicel bir karşılık sunmuştur. Böylece eğitimsel süreçte hem öğrencilerin görsel dikkat yönelimleri hem de astronomiye yönelik tutum değişimleri sayısal olarak ilişkilendirilmiş ve öğrenme sürecine dair kapsamlı bir değerlendirme yapılabilmektedir.

Çalışma Grubu / Katılımcılar

Araştırmanın katılımcı grubunu, 2023–2024 eğitim-öğretim yılında İzmir il merkezindeki dört farklı devlet ortaokulunda öğrenim görmekte olan 60 öğrenci oluşturmuştur. Bu öğrencilerin tamamı 7. ve 8. sınıf seviyesindedir ve yaşları 12 ile 14 arasında değişmektedir. Bu yaş grubu, hem gelişimsel açıdan soyut kavramlara geçişin başladığı hem de dijital araçlara yüksek oranda maruz kalınan bir dönem olması nedeniyle araştırmanın kapsamına alınmıştır (Piaget, 1972; Inhelder & Piaget, 1958).

Katılımcılar, amaçlı örnekleme tekniklerinden biri olan ölçüt örnekleme yoluyla belirlenmiştir. Bu kapsamda seçilen öğrencilerin daha önce fen bilimleri dersi kapsamında Güneş Sistemi ve uzay konularını işlemiş olması, temel dijital araç kullanımına aşina olmaları ve simülasyon uygulamalarına katılım sağlayabilecek düzeyde okuryazarlığa sahip olmaları gibi ölçütler göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca çalışmanın kapsayıcılığını artırmak amacıyla cinsiyet dengesi ve okul türüne (merkez-çevre) göre çeşitlilik sağlanmasına özen gösterilmiştir.

Katılım süreci tamamen gönüllülük esasına dayalı olarak yürütülmüştür. Öğrenciler araştırmaya katılmadan önce bilgilendirilmiş, gönüllülük formu imzalanmış ve velilerden aydınlatılmış onam formları toplanmıştır. Aynı zamanda üniversitenin etik kurulundan gerekli onay alınmış ve uygulama süreci etik ilkeler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aşamasında katılımcıların kişisel

bilgileri gizli tutulmuş, herhangi bir yönlendirme yapılmamış ve öğrencilere güvenli bir öğrenme ortamı sağlanmıştır.

Veri Toplama Aracı

Araştırmada veri toplama süreci iki temel araçla desteklenmiştir: göz izleme cihazı ve astronomi tutum ölçeği. Bu araçlar, birbirini tamamlayan nicel veriler üreterek araştırmanın çok boyutlu yapısını güçlendirmiştir.

Göz İzleme Cihazı (Eye Tracker)

Bu araştırmada, öğrencilerin sanal ortamda öğrenme süreçleri sırasında ekran üzerindeki dikkat ve odaklanma davranışlarını nesnel, geçerli ve güvenilir biçimde analiz edebilmek amacıyla Tobii Eye Tracker kullanılmıştır. Göz izleme cihazları, bilişsel süreçlerin görünür hale getirilmesinde ve öğrenme davranışlarının ölçülmesinde yaygın biçimde kullanılan gelişmiş araştırma araçlarıdır. Bu cihaz, kızılötesi ışık yansımaları ile göz bebeği ve kornea arasındaki ilişkiye dayalı PCCR (pupil center corneal reflection) teknolojisiyle çalışmakta ve öğrencilerin ekranda hangi noktaya, ne kadar süreyle baktığını milisaniyelik hassasiyetle kaydedebilmektedir (Duchowski, 2007; Holmqvist vd., 2011).

Göz izleme yönteminin en önemli avantajlarından biri, öğrencilerin bilişsel dikkat süreçlerine ilişkin verilerin doğrudan, davranışsal yanlılıklardan arındırılmış biçimde elde edilmesini sağlamasıdır. Özellikle eğitim araştırmalarında, öğrencilerin hangi görsel öğelere daha çok odaklandığı, hangi alanlarda dikkat dağınıklığı yaşadığı ve hangi içeriklere daha uzun süre yoğunlaştığı göz izleme yoluyla güvenilir şekilde ortaya konulabilmektedir (Yıldırım vd., 2016; Sağlam & Karaoğlu Yılmaz, 2021).

Bu araştırmada da öğrencilerin göz hareketlerinden elde edilen veriler aracılığıyla bakış noktaları, odaklanma süreleri, sakkadlar (geçiş hareketleri), ilk bakış zamanı, toplam dikkat süresi gibi parametreler analiz edilmiştir. Ayrıca, elde edilen veriler görsel olarak ısı haritalarına (heatmap) dönüştürülmüş ve böylece öğrencilerin dikkat dağılımlarının içerik türüne göre nasıl farklılık gösterdiği ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Bu yöntem, ölçümlerin tekrarlanabilir ve nesnel olmasını sağlamakta; aynı zamanda sanal ortamlarda tasarlanan öğrenme içeriklerinin hangi bölümlerinin öğrenciler açısından daha dikkat çekici veya daha zayıf kaldığını belirlemede güvenilir bir yol sunmaktadır.

Sonuç olarak, göz izleme cihazı bu çalışmada yalnızca bir veri toplama aracı olarak değil, aynı zamanda öğrencilerin öğrenme süreçlerinin derinlemesine ve çok boyutlu olarak anlaşılmasına imkân veren, yüksek geçerliliğe ve güvenilirliğe sahip bir yöntem olarak kullanılmıştır.

Astronomi Tutum Ölçeği

Bu çalışmada, öğrencilerin astronomiye yönelik tutumlarını belirlemek amacıyla Uçar ve Aktamış (2019) tarafından geliştirilen Astronomi Tutum Ölçeği kullanılmıştır. Söz konusu ölçek, geliştirilme sürecinde hem geçerlilik hem de güvenilirlik açısından kapsamlı biçimde test edilmiş olup, eğitim araştırmalarında kullanılabilecek güvenilir bir ölçme aracı olarak alan yazında yerini almıştır.

Ölçeğin geliştirilme aşamasında, 380 ortaokul öğrencisi üzerinde geçerlik ve güvenilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapı geçerliğini incelemek için Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) yapılmış, ardından elde edilen faktör yapısı Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) ile doğrulanmıştır. Bu analizler sonucunda ölçeğin üç boyutlu bir yapıya sahip olduğu ve toplamda 14 maddeden oluştuğu ortaya konmuştur. Ölçeğin alt boyutları “merak”, “ilgi” ve “araştırma isteği” gibi astronomiye yönelik tutumun temel göstergelerini kapsamaktadır. Bu durum, ölçeğin yalnızca genel bir eğilimi değil, tutumun farklı boyutlarını da ayrı ayrı ölçebilme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir.

Güvenirlik analizlerinde ise ölçeğin Cronbach Alpha katsayısı 0,91 olarak rapor edilmiştir. Bu oldukça yüksek değer, ölçeğin iç tutarlılığının güçlü olduğunu ve tutum ölçümünde güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Bu araştırmada da ölçek, uygulama öncesinde (ön-test) ve uygulama sonrasında (son-test) öğrencilere uygulanmış; elde edilen öntest–sontest korelasyon katsayısı 0,83

bulunmuştur. Bu değer, ölçüm sonuçlarının tutarlı olduğunu ve ölçeğin mevcut çalışma bağlamında da güvenilir biçimde kullanılabildiğini göstermektedir.

Astronomi Tutum Ölçeği'nin bu araştırmadaki önemi, öğrencilerin sanal ortam deneyiminden önce ve sonra astronomiye ilişkin tutum değişimlerini nicel ve sistematik biçimde ortaya koyabilmesidir. Böylece sadece göz izleme verilerinden değil, aynı zamanda öğrencilerin öğrenme deneyimlerine yönelik duyuşsal eğilimlerinden de çıkarımlar yapılabilmiştir. Bu durum, araştırmaya çok boyutlu bir bakış açısı kazandırmış ve elde edilen bulguların hem geçerliliğini hem de genellenebilirliğini artırmıştır.

Verilerin Toplanması ve Analizi

Verilerin Toplanma Süreci

Veri toplama süreci, araştırmanın nicel veri desenine uygun biçimde çok aşamalı ve sistematik bir şekilde yürütülmüştür. Bu süreçte, öğrencilerin dikkat, odaklanma ve tutum değişkenleri sayısal veriler aracılığıyla kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Tüm uygulamalar, dikkat dağıtıcı unsurlardan arındırılmış, standart aydınlatma ve oturma düzenine sahip özel bir laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Ortamın kontrollü olması, özellikle göz izleme cihazının doğru çalışabilmesi ve öğrencilerin doğal davranışlarının gözlemlenebilmesi açısından önem arz etmektedir. Uygulama öncesinde öğrencilere süreç hakkında kısa bir bilgilendirme yapılmış, simülasyon ve göz izleme teknolojisi hakkında temel düzeyde yönlendirme sağlanmıştır. Öğrencilerin motivasyonlarını etkilememek ve dikkatlerini bozacak herhangi bir yönlendirme yapmamak adına, uygulamalar araştırmacının gözetiminde ancak müdahalesiz şekilde gerçekleştirilmiştir.

Her öğrenci için uygulamalar aynı sırayla sunulmuştur: Önce Astronomi Tutum Ölçeği ön testi uygulanmış, ardından göz izleme simülasyonu gerçekleştirilmiş, son olarak Astronomi Tutum Ölçeği son testi yapılmıştır. Böylece hem verilerin karşılaştırılabilirliği sağlanmış hem de her öğrencinin bireysel öğrenme yolculuğu bütüncül biçimde izlenebilmiştir. Simülasyon ve göz izleme uygulamaları boyunca her öğrencinin bireysel farklılıklarına saygı gösterilmiş, dikkat süreleri içinde kalmaları için herhangi bir dış baskı oluşturulmamış, tamamen doğal gözlem ortamı korunmuştur. Ayrıca öğrencilerin bilişsel yükünü artırmamak amacıyla oturumlar arasında kısa molalar verilmiş ve göz izleme verilerinin doğruluğunu sağlamak için kalibrasyon kontrolleri düzenli olarak yapılmıştır.

Veri toplama sürecinin temel nicel kaynağını Tobii Eye Tracker cihazı ile kaydedilen göz hareketleri oluşturmuştur. Katılımcılar, sanal ortamda tasarlanmış olan üç içerik alanını (ansiklopedik bilgi ekranı, gezegenlerin incelenmesi ve ziyaret etme bölgesi) serbestçe incelemiştir. Cihaz, öğrencilerin ekrandaki bakış noktalarını ve odaklanma sürelerini milisaniye hassasiyetinde kaydetmiş; böylece hangi içeriklerin daha fazla dikkat çektiği belirlenebilmiştir. Bu süreçte özellikle ortalama toplam odaklanma süresi, ilk odaklanma zamanı, yüksek odaklanma sayısı, peak sayısı, luma değerleri ve kategorilerde kalınan süre gibi göstergeler elde edilmiştir (Duchowski, 2007; Holmqvist vd., 2011). Elde edilen veriler, öğrencilerin farklı içerik bölgelerine yönelik davranışlarını yansıtan ısı haritaları ve bölgesel dikkat dağılımları aracılığıyla analiz edilmiştir.

Göz izleme verilerine ek olarak, öğrencilerin astronomiye yönelik tutumlarını değerlendirmek için Uçar ve Aktamış (2019) tarafından geliştirilen Astronomi Tutum Ölçeği kullanılmıştır. Ölçek, öğrencilerin ilgi, merak ve araştırma isteklerini ölçmeye yönelik 14 maddeden oluşmaktadır. Araştırmada ölçek, göz izleme uygulaması öncesinde ve sonrasında uygulanarak öğrencilerin sanal ortam deneyiminin tutumları üzerindeki etkisi istatistiksel olarak incelenmiştir. Ön test ve son test karşılaştırmaları, sanal ortamın öğrencilerin astronomiye yönelik bakış açılarında anlamlı bir değişim yaratıp yaratmadığını ortaya koymuştur.

Son aşamada, elde edilen göz izleme metrikleri ile tutum ölçeği sonuçları birlikte değerlendirilmiş; toplam odaklanma süresi, ilk odaklanma zamanı, peak sayısı, odaklanma süreleri ve luma değerleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile test edilmiştir. Bu sayede öğrencilerin görsel bilgiye ve ansiklopedik bilgiye odaklanma eğilimleri arasındaki bağlantılar nesnel biçimde ortaya çıkarılmıştır (Rayner, 1998; Yıldırım vd., 2016).

Bu bütüncül veri toplama süreci sayesinde, öğrencilerin sanal ortam deneyimlerinde hangi alanlara dikkat yoğunlaştırdıkları, göz hareketlerinin hangi değişkenlerle ilişkili olduğu ve astronomiye yönelik tutumlarının nasıl değiştiği sistematik olarak incelenmiştir.

Uygulama Süreci

Araştırmanın uygulama süreci üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, öğrenciler göz izleme laboratuvarına alınarak Tobii cihazına kalibre edilmiş ve bireysel olarak sanal ortama dâhil edilmiştir. Her öğrenci belirlenen süre boyunca sanal ortamda etkileşimli içerikleri serbestçe keşfetmiştir. Simülasyon, üç ana içerik alanından oluşmaktadır:

Ansiklopedik Bilgi Ekranı – Güneş Sistemi’ne ait yapısal ve tarihsel bilgiler,

Gezegenlerin İncelenmesi Alanı – Etkileşimli, üç boyutlu gezegen geçişleri,

Ziyaret Etme Alanı – Belirli gök cisimlerine sanal yolculuk yapma bölümü.

İkinci aşamada, uygulama öncesinde ve sonrasında Astronomi Tutum Ölçeği öğrencilere uygulanmış, veriler SPSS ortamında analiz edilmek üzere kaydedilmiştir.

Veriler gizlilik ilkelerine uygun şekilde toplanmış ve analiz edilmiştir. Öğrencilere simülasyon sırasında herhangi bir yönlendirme yapılmamış, doğal davranışlarını sergilemeleri teşvik edilmiştir. Ayrıca göz izleme verilerinin doğruluğunu sağlamak için düzenli kalibrasyon kontrolleri yapılmış ve oturumlar arasında öğrencilerin bilişsel yükünü azaltmak amacıyla kısa molalar verilmiştir.

BULGULAR

Bu bölümde, araştırma kapsamında kullanılan çok yönlü veri toplama araçlarından elde edilen bulgular hem istatistiksel hem de betimleyici analiz teknikleriyle sistematik biçimde çözümlenmiş ve her bir veri kümesi karşılaştırmalı şekilde yorumlanmıştır. Çalışmada kullanılan göz izleme teknolojisi sayesinde öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında karşılaştıkları içeriklere verdikleri anlık tepkiler, dikkat düzeyleri, odaklanma süreleri ve görsel dikkat yoğunlukları gibi davranışsal göstergeler nicel olarak analiz edilmiştir. Aynı zamanda ön test ve son test olarak uygulanan astronomi tutum ölçeğiyle öğrencilerin bu deneyim öncesi ve sonrasındaki duyuşsal değişimleri değerlendirilmiştir.

Öğrencilerin Odaklandıkları Bilgiler

Tablo 1. Uygulamanın “Ansiklopedik bilgi”, “Güneş Sistemi’nin incelenmesi” ve “Ziyaret etme” kategorileri için ulaşılan ölçüm sonuçları.

	Ansiklopedik Bilgi	Güneş Sistemi’nin	Ziyaret Etme
	Kategorisi	İncelenmesi	
Girilme Frekansı	93	308	115
Girilme Yüzdesi	13,8	46,5	17,3
Kişi Sayısı	8	28	10
Ortalama Toplam Odaklanma Süresi	21,34	15,19	9,42
Ortalama İlk Odaklanma Zamanı	6,8	5,96	353,28
Ortalama Yüksek Odaklanma Sayısı	32,04	17,23	10,5
Ortalama Yüksek Peak Sayısı	42,3	20,58	11,57
Ortalama Yüksek Odaklanma Süresi	5,34	2,87	1,75
Ortalama Yüksek Luma Ortalaması	19,23	27,31	27,09
Ortalama Kategori Luma Değeri	17,18	11,65	11,59
Ortalama Kategoride Kalınan Süre	64,52	48,57	28,04
Ortalama Kategoriyeye Özel İlk Odaklanma Süresi	7,32	23,01	6,31

Tablo 1 incelendiğinde, öğrencilerin en fazla tercih ettikleri bölümün %46,5 oranıyla "Güneş Sistemi'nin İncelenmesi" olduğu görülmektedir. Bu alanın etkileşimli bir yapıya sahip olması, öğrencilerin bilgiye aktif olarak erişmesini sağlamakta ve dikkatlerini bu bölgeye yoğunlaştırmaktadır. Ancak dikkat çekici bir diğer bulgu, öğrencilerin "Ansiklopedik Bilgi" kategorisinde daha uzun süreli odaklanma sergilemeleridir. Ortalama odaklanma süreleri (21,34 sn), peak sayısı (42,3) ve dikkat derinliği bu içerikte yoğunlaşmıştır. Bu durum, bilgi yoğun alanların da öğrencilerin dikkatini çekebildiğini göstermektedir.

Ziyaret Etme bölümüne ilk bakış süresinin oldukça yüksek (353,28 sn) olması, bu alanın öğrenciler tarafından ekran içinde daha geç fark edildiğine ya da görsel tasarım açısından daha geri planda kaldığına işaret etmektedir. Luma değerleri incelendiğinde, görsel zenginliğin dikkat çekicilikle olan ilişkisi bir kez daha vurgulanmıştır. "Güneş Sistemi'nin İncelenmesi" kategorisinde luma değerinin en yüksek seviyeye (27,31) ulaşması, öğrencilerin görsel estetiğe olan hassasiyetlerini ortaya koymaktadır.

Öğrencilerin Odaklandıkları Gezegenler ve Merak Düzeyleri

Tablo 2. Gözlemlenen gezegenlerin frekans dağılımı.

GEZEĞEN	f	%	GEZEĞEN	f	%	GEZEĞEN	f	%
Dünya	26	43,33	Haumea	7	11,67	Ganymede	1	1,67
Messier Cisimleri	18	30	Eris	5	8,33	Io	1	1,67
Jüpiter	16	26,67	Eta	4	6,67	Pollux	1	1,67
Plüton	14	23,33	Neptün	4	6,67	Proteus	1	1,67
Satürn	14	23,33	Deimos	3	5	Puck	1	1,67
Ceres	12	20	Phobos	3	5	Rhea	1	1,67
Mars	12	20	Hyperion	2	3,33	Rigel A	1	1,67
Merkür	9	15	Iapetus	2	3,33	Teiton	1	1,67
Makemake	8	13,33	Alpha Centauri	1	1,67	Triton	1	1,67
Uranüs	8	13,33	Arcturus	1	1,67	Vega	1	1,67
Venüs	8	13,33	Capella	1	1,67			
Ay	7	11,67	Dione	1	1,67			

Tablo 2'ye göre, en sık gözlemlenen gök cismi %43,3 ile Dünya olmuştur. Bu durum, öğrencilerin kendi yaşam alanlarıyla bağlantı kurabildikleri, yani kendilerine tanıdık gelen ve günlük hayatla doğrudan ilişkilendirebildikleri içeriklere yönelme eğiliminde olduklarını açıkça ortaya koymaktadır. Dünya'nın birincil odak noktası haline gelmesi, öğrencilerin soyut kavramları anlamlandırırken kişisel deneyimleriyle bağlantı kurma çabalarının doğal bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Tanıdık gezegenler (Mars, Venüs, Jüpiter vb.) de öğrenciler tarafından sıklıkla tercih edilmiştir. Bu gezegenlerin hem ders kitaplarında yer alması hem de popüler kültürde sıklıkla karşımıza çıkması, öğrencilerin bu objelere olan farkındalıklarını artırmış ve dikkat yönelimlerini bu doğrultuda şekillendirmiştir. Mars'ın yaşam ihtimali, Venüs'ün atmosfer yapısı ya da Jüpiter'in büyüklüğü gibi ilgi çekici özellikler, öğrencilerin bu gezegenlere odaklanmasını kolaylaştıran başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, Messier Cisimleri gibi daha soyut, uzak ve bilimsel bilgi gerektiren uzay objelerinin de sıklıkla incelenmesi dikkat çekici bir bulgudur. Bu durum, öğrencilerin yalnızca tanıdık ve ön bilgi sahibi oldukları unsurlarla değil; aynı zamanda bilinmezlik içeren, keşfetmeye açık ve daha önce deneyimlemedikleri içeriklere karşı da güçlü bir merak geliştirdiklerini göstermektedir. Bu tür objelerin, öğrencilerde bilimsel keşif duygusunu tetikleyerek bilişsel anlamda yeni bağlamlar oluşturduğu ve öğrenme sürecine anlam kattığı söylenebilir. Dolayısıyla bu bulgu, öğrencilerin dikkat yönelimlerinin yalnızca bilgi seviyesi ya da içerik tanınırlığına değil; aynı zamanda kişisel ilgileri, keşfetme istekleri ve görsel-işitsel uyarıcılara verdikleri tepkilere de bağlı

olarak şekillendiğini göstermektedir. Bu da sanal ortamların, öğrencilerin hem güvenli hem de özgürce keşif yapabileceği birer öğrenme laboratuvarı işlevi görebileceğine işaret etmektedir.

Tablo 3. En yüksek ortalama odaklanma süresi.

Gezegen	Ortalama Toplam Odaklanma Süresi (sn)		Gezegen	Ortalama Toplam Odaklanma Süresi (sn)	
	A bölgesi	B bölgesi		A bölgesi	B bölgesi
Arcturus	65,67	67,66	Teiton	14,83	12,83
Plüton	42,53	34,34	Phobos	14,28	5,72
Rigel A	36,84	32,83	Pollux	14	13,67
Mars	35,79	32,2	Ganymede	13,5	0,5
Haumea	34,76	27,24	Messier Cisimleri	13,12	9,01
Ceres	33,79	27,83	Deimos	12,39	10,44
Satürn	31,86	21,42	Iapetus	11,33	12,92
Venüs	30,96	24,65	Alpha Centauri	9,5	11,33
Makemake	30,19	27,63	Dione	9	14
Dünya	28,99	22,52	Eta	8,71	7,17
Ay	26,89	21,81	Proteus	7,17	3,83
Hyperion	26	22,34	Triton	6,5	14
Jüpiter	22,83	15,59	Io	6,17	1,33
Rhea	22	11,17	Puck	5,67	6,33
Merkür	20,62	20,35	Vega	5,5	5,83
Eris	19,6	15,43	Capella	4	1,5
Uranüs	15,85	17,33			
Neptün	14,87	13,54			

Tablo 3'te sunulan ortalama toplam odaklanma süreleri göz önüne alındığında, Arcturus, Plüton, Rigel A, Mars, Ceres gibi gök cisimlerinin öğrencilerin dikkatini çeken başlıca objeler olduğu görülmektedir. Bu durum, öğrencilerin görsel estetik öğelere, bilimsel merak uyandıran temalara ve ön bilgileriyle ilişkilendirebildikleri içeriklere daha fazla odaklandığını göstermektedir. Özellikle Arcturus'un A ve B bölgelerinde yüksek odaklanma süreleriyle izlenmesi, bu gök cisminin yalnızca fiziksel parlaklığı ya da simülasyon içindeki konumuyla değil, aynı zamanda öğrencilerde çağrıştırdığı bilimsel veya estetik anlamlarla da dikkat çektiğini ortaya koymaktadır. Arcturus'un parlaklık düzeyi, yıldız olma özelliği ve daha önce formal eğitimde çokça karşılaşılmaması, öğrencilerin bu objeye duyduğu ilginin özgün bir merakla şekillendiğini göstermektedir. Benzer şekilde, Plüton'un yoğun odaklanma alması, gezegenlik statüsüyle ilgili tartışmalar ve medya yansımaları nedeniyle öğrencilerde hem bilişsel hem de duygusal düzeyde ilgi çektiğini düşündürmektedir. Mars ve Ceres gibi daha tanınmış gök cisimleri ise öğrencilerin bilimsel bilgiyle önceden bağlantı kurabildikleri, dolayısıyla daha uzun süreler etkileşimde bulundukları içerikler olarak öne çıkmaktadır. Bu bulgular, yalnızca simülasyondaki görsel yerleşim veya renk kontrastı gibi yüzeysel faktörlerin değil, aynı zamanda öğrencilerin zihinsel bağlam oluşturma yeteneklerinin, geçmiş bilgileriyle bağlantı kurma kapasitelerinin ve duygusal ilgilerinin de dikkat davranışlarını anlamlı biçimde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Öğrencilerin gözlem yaptıkları gezegenlerde ortalama ilk odaklanma süreleri.

Gezegen	Ortalama İlk Odaklanma Süresi (sn)		Gezegen	Ortalama İlk Odaklanma Süresi (sn)	
	A bölgesi	A bölgesi		A bölgesi	B bölgesi
Merkür	144,54	151,04	Teiton	407,83	407
Io	171,17	169,33	Rhea	420,17	423
Venüs	179,67	180,35	Phobos	427,22	429,39
Ganymede	195,33	195,5	Plüton	427,51	399,9
Ceres	212,05	206,58	Proteus	439	441,67
Hyperion	235,5	231,58	Neptün	448,96	444,63
Iapetus	239,42	232,83	Pollux	455	455
Dünya	259,74	219,29	Eris	463,3	467,47
Ay	292,69	286,95	Triton	490,5	490,5
Satürn	303,55	310,27	Rigel A	501,17	501
Jüpiter	331,97	374,46	Vega	509	506,67
Mars	343,85	355,03	Arcturus	518,67	519
Uranüs	344,77	344,23	Makemake	520,56	521,1
Dione	348,17	347	Deimos	595,89	591,89
Messier Cisimleri	351,73	452,5	Haumea	616,6	616,81
Alpha Centaurı	358	356,5	Capella	709,17	706,33
Eta	371,29	372,92	Puck	840	844
Merkür	144,54	151,04			

Tablo 4, öğrencilerin sanal ortamda gezegenlere yönelik ilk odaklanma sürelerini kapsamlı bir şekilde sunmaktadır. Veriler, simülasyondaki yerleşim düzeni, içerik estetiği ve öğrencilerin ön bilgileri gibi çok sayıda değişkenin dikkat davranışını etkilediğini göstermektedir. Özellikle Merkür, Venüs ve Io gibi ekranın merkezine daha yakın konumlandırılan, parlak renklerle sunulan ya da ders kitaplarından bilindik olan gök cisimleri, öğrencilerin ilk bakışlarını hızla bu bölgelere yönlendirdiklerini ortaya koymaktadır. Bu durum hem bilişsel çağrışımın hem de görsel salınımın dikkat üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Buna karşın, Capella, Deimos ve Makemake gibi ekranın daha kenar bölgelerinde konumlanan, renk kontrastı düşük ya da öğrencilerin ön bilgi düzeyi açısından daha az tanıdık olan objeler, ilk odaklanma açısından daha geç fark edilmiştir. Bu bulgu, ekran içeriği tasarlanırken yalnızca astronomik öncelikler değil; pedagojik görünürlük ve dikkat yönlendirme stratejilerinin de göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir. Özellikle Capella gibi içeriksel olarak önemli ancak görsel olarak zayıf bırakılan objelerin sunumunun, grafik kalitesi, parlaklık seviyesi ve yönlendirme unsurları bakımından yeniden tasarlanması önerilmektedir. Böylelikle öğrencilerin dikkat davranışları daha dengeli bir biçimde içerik geneline dağılabilir ve bilimsel keşif süreci daha kapsayıcı hale getirilebilir.

Tablo 5. Uygulamanın A bölgesinde öğrencilerin gözlem yaptıkları gezegenlerde yüksek odaklanma sayısı, peak sayısı, süresi ve luma değerleri.

	Ortalama Yüksek Odaklanma Sayısı	Ortalama Yüksek Peak Sayısı	Yüksek Odaklanma Süresi (s)	Ortalama Yüksek Luma Değeri
Haumea	120,5	153,25	20,08	30,81
Satürn	91,1	120,2	15,18	30,12
Makemake	82	112	13,67	28,82
Plüton	77,25	99,25	12,87	28,63
Neptün	64	90	10,67	29,46
Jüpiter	63,88	79,5	10,65	30,69
Dünya	62,88	79,53	10,48	28,81
Ceres	62	76,56	10,33	29,1
Venüs	59,14	77,57	9,86	29,12
Messier Cisimleri	56	70,55	9,33	29,43
Mars	43,75	56,63	7,29	27,59
Merkür	42,17	57,67	7,03	31,49
Eta	39	49	6,5	27,92
Hyperion	39	51	6,5	27,64
Ay	31,25	39	5,21	33,53
Deimos	31	21,5	5,17	28,65
Uranüs	29,33	29	4,89	29,01
Eris	21,75	28,75	3,63	30,34
Phobos	19	26	3,16	27,26
Alpha Centauri	15	21	2,5	26,8
Capella	7	8	1,17	25,46
Rigel A	6	8	1	25,55
Rhea	4	6	0,67	26,75
Arcturus	3	5	0,5	24,8

Tablo 5, A bölgesinde yer alan gök cisimlerine yönelik dikkat dağılımı ve odaklanma ölçütlerini ayrıntılı şekilde sunmaktadır. Bu bölgede özellikle ekranın merkezine yakın, kullanıcı ile ilk etkileşime giren görsel açıdan zengin cisimlerin yoğun ilgi gördüğü gözlemlenmiştir. Örneğin, Haumea, Satürn ve Plüton bu bölgede yer almakta ve yüksek odaklanma süresi, peak değeri ve dikkat yoğunluğu ile öne çıkmaktadır. Satürn'ün halkalı yapısı, görsel çekiciliğin odaklanma davranışı üzerindeki etkisini açıkça yansıtmaktadır. Aynı şekilde, Haumea'nın alışılmadık şekli ve Plüton'un popülerliği öğrencilerde yüksek merak ve dikkat uyandırmıştır. Bu durum, A bölgesinin hem içeriksel hem de tasarımsal olarak dikkat çekici kurgulandığını ve öğrencilerin algısında ilk sırada yer aldığını göstermektedir.

Tablo 6. Uygulamanın B bölgesinde öğrencilerin gözlem yaptıkları gezegenlerde yüksek odaklanma sayısı, peak sayısı, süresi ve luma değerleri.

	Ortalama Yüksek Odaklanma Sayısı	Ortalama Yüksek Peak Sayısı	Yüksek Odaklanma Süresi (s)	Ortalama Yüksek Luma Değeri
Hyperion	37	50	6,17	26,7
Dione	20	23	3,33	26,91
Vega	20	14	3,33	27,18
Jüpiter	16,56	22,11	2,76	28,75
Merkür	15	19	2,5	27,25
Dünya	12,36	16,55	2,06	27,28
Ceres	12,25	12,8	2,04	26,86
Makemake	12	15,67	2	26,65
Uranüs	12	16	2	27,07
Satürn	10,29	13,43	1,71	27,31
Haumea	10	14,33	1,67	25,43
Messier Cisimleri	10	10,25	1,67	28,73
Venüs	9	10,83	1,5	30,53
Plüton	8,4	12	1,4	25,43
Ay	7,5	11	1,25	35,03

Tablo 6 ise B bölgesinde yer alan gök cisimlerine ilişkin bulguları içermektedir. Bu bölge ekranın daha periferik, yani kenar alanlarında yer almakta olup, genellikle daha az görsel uyarana sahip, metinsel açıklamaların yoğun olduğu içerikleri barındırmaktadır. Bu nedenle genel dikkat ve odaklanma düzeyleri A bölgesine kıyasla daha düşük kalmıştır. Ancak Ay ve Hyperion gibi belirgin görsel kontrasta ve yüksek luma değerine sahip objeler, B bölgesinin genel eğilimini tersine çevirmiş ve dikkat çekici içeriklere dönüşmüştür. Özellikle Hyperion'un düzensiz şekli ve Ay'ın tanındığı, öğrencilerin ilgisini çekmiş; buna bağlı olarak dikkat davranışlarında sıçramalar görülmüştür. Bu durum, dikkat çekiciliğin yalnızca ekran yerleşimiyle değil, içerik tasarımı, parlaklık, kontrast ve içerikle kurulan duygusal bağla da ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu iki bölgeye ilişkin veriler birlikte değerlendirildiğinde, sanal öğrenme ortamlarının görsel tasarımı ve içerik yerleşiminin, öğrencilerin dikkat ve merak düzeyleri üzerinde belirleyici rol oynadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle benzer uygulamalarda, ekranın her bölgesine dengeli ilgi dağılmasını sağlayacak şekilde hem pedagojik hem de estetik unsurlar eşgüdümlü olarak kurgulanmalıdır.

Tablo 7. Uygulamanın A ve B bölgesinde öğrencilerin gözlem yaptıkları gezegenlerde ortalama izlem süresi, ilk odaklanma süresi ve luma değeri.

Gezegen	Ortalama İzlem Süresi	Kategoriye Özel Ortalama İlk Odaklanma Süresi	Ortalama Luma Değeri	Gezegen	Ortalama İzlem Süresi	Kategoriye Özel Ortalama İlk Odaklanma Süresi	Ortalama Luma Değeri
Arcturus	187,17	53,5	14,84	Neptün	48	19,17	10,12
Plüton	123,17	19,44	14,49	Triton	41,17	1,33	5,3
Ceres	104,83	23,38	18,22	Iapetus	40,17	6,75	9,41
Mars	103,5	21,4	14,55	Deimos	40,06	4,61	14,79
Haumea	100,38	39,22	16,71	Dione	39,5	5	6,88
Rigel A	97,5	0,33	12,06	Messier Cisimleri	38,81	33,41	18,96
Satürn	94,95	11,31	19,13	Alpha Centauri	37,5	1,33	18,46
Makemake	92,13	20,88	13,89	Pollux	37,5	29,83	13,66
Venüs	88,63	17,29	18,4	Io	37,5	1,67	4,12
Dünya	81,16	25,75	16,99	Phobos	32,72	20,17	11,65
Merkür	79,04	19,81	18,34	Teiton	31,5	0,67	12,78
Hyperion	65,5	4	14,37	Ganymede	27,5	45,5	16,9
Ay	65,24	22,54	12,95	Eta	25,42	15,67	14,87
Uranüs	56,46	17,42	14,06	Puck	23,5	5,83	4,95
Rhea	53,5		12,07	Proteus	15,5	31,83	14,2
Jüpiter	52,08	19,44	15,35	Vega	13,5	2,17	13,6
Eris	49,93	8,43	16,95	Capella	7,5	2,67	21,4

Tablo 7, izleme sürelerinin genel analizini sunmakta ve özellikle Arcturus, Plüton, Mars, Ceres gibi gök cisimlerinin dikkat çekici düzeyde uzun süre izlenmiş olduğunu ortaya koymaktadır. Bu cisimlerin yüksek izlenme süreleri, öğrencilerin yalnızca görsel olarak etkileyici objelere değil, aynı zamanda bilişsel olarak merak uyandıran içeriklere de odaklandığını göstermektedir. Arcturus, simülasyon içinde hem konumsal hem de görsel açıdan öne çıkan bir gök cismi olarak en uzun süreli izlemeye konu olmuştur. Bu durum, öğrencilerin alışılmış gezegenlerin dışındaki yıldız ve parlak objelere de ilgisinin olduğunu ve astronomik çeşitliliğin dikkat dağılımı üzerinde önemli bir etken oluşturduğunu göstermektedir. Plüton'un izlenme süresinin yüksekliği ise bu gezegenin öğrencilerin zihninde farklı bir konumda yer ettiğini, muhtemelen gezegenlik statüsüyle ilgili bilgilerden kaynaklanan ön bilgi ve tartışmalarla bağlantılı olabileceğini düşündürmektedir. Mars ve Ceres gibi gök cisimlerinin de yoğun odaklanma sürelerine sahip olması, öğrencilerin hem tanıdık hem de keşfe açık içeriklere yöneldiğini göstermektedir. Bu odaklanma davranışlarıyla birlikte, ilgili objelerin luma değerlerinin yüksek olması ve görsel detaylarının belirgin olması, uzun süreli dikkat sürdürmenin temel etmenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Luma değerleri ve ilk odaklanma zamanlarının öğrencilerin gözlem süresi üzerindeki etkisi, bu tabloda istatistiksel olarak da doğrulanmaktadır. Öğrencilerin daha parlak, renkli ve ayrıntılı cisimlere yöneldiği; bununla birlikte bilişsel olarak anlamlı ve merak uyandıran içeriklerin de dikkat süresini uzattığı gözlenmiştir. Dolayısıyla, bu bulgular ışığında simülasyon tasarımlarında yalnızca estetik değil, anlam ve bağlamsal derinlik de ön planda tutulmalı; öğrenme süreci hem görsel hem zihinsel etkileşimlerle zenginleştirilmelidir.

Astronomiye Yönelik Tutum Değişimi

Astronomi tutum puan ortalamalarına ilişkin analiz sonucu Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Astronomi tutum puanlarının karşılaştırılması

Tutum Puanı	Ortalama	Standart Sapma	Korelasyon	t testi	p
Öntest	45,27	1,512	0,824	-7,336	0,000
Sontest	51,63	1,380			

Tablo 8’de yer alan veriler, öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında astronomiye yönelik tutum puanlarında anlamlı bir artış yaşadıklarını ortaya koymaktadır ($p < 0.05$). Ön testte öğrencilerin ortalama puanı 45,27 iken, son test uygulamasında bu değer 51,63’e yükselmiştir. Bu artış, VR destekli etkileşimli öğrenme ortamının öğrencilerin astronomiye olan ilgilerini, bilimsel konulara yönelik tutumlarını ve öğrenmeye karşı motivasyonlarını önemli ölçüde olumlu etkilediğini göstermektedir. Özellikle tutum ölçeğinin alt boyutları incelendiğinde; öğrencilerin 'merak', 'araştırma isteği', 'uzay hakkında daha fazla şey öğrenme arzusu' gibi boyutlarda anlamlı yükselmeler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, sanal gerçeklik teknolojilerinin yalnızca görsel deneyim sunmakla kalmayıp; aynı zamanda öğrencinin içsel motivasyonunu tetikleyici ve bilimsel kimlik geliştirmeyi destekleyici bir araç olabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca öğrencilerin VR uygulamasını eğlenceli, öğretici ve heyecan verici olarak değerlendirmesi, olumlu tutum değişikliğinin sadece bilişsel değil; aynı zamanda duyuşsal boyutta da gerçekleştiğini düşündürmektedir. Bu bulgu, daha önce yapılmış benzer araştırmalarla da örtüşmektedir. Örneğin Say (2017) ve Sarioğlu & Girgin (2020) gibi çalışmalarda da VR destekli öğrenme ortamlarının fen eğitimi ve bilimsel tutum gelişimi açısından önemli katkılar sunduğu rapor edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen tutum verileri, davranışsal gözlemler (göz izleme) bulgularıyla desteklenmiş; böylece öğrencilerin hem dışı vurulan davranışsal tepkileri hem de içsel tutumları bütüncül biçimde analiz edilmiştir. Bu çoklu veri yaklaşımı, araştırma bulgularının güvenilirliğini ve geçerliliğini artırarak, VR tabanlı öğretim tasarımlarının fen eğitimi bağlamında nasıl daha etkili uygulanabileceği konusunda güçlü ipuçları sunmaktadır.

Elde edilen sayısal bulgular, öğrencilerin bilimsel merak düzeylerinde, gözlemsel motivasyonlarında ve astronomiye yönelik ilgilerinde anlamlı gelişmeler yaşandığını ortaya koyarken; Elde edilen sayısal bulgular, öğrencilerin bilimsel merak düzeylerinde, gözlemsel motivasyonlarında ve astronomiye yönelik ilgilerinde anlamlı gelişmeler yaşandığını ortaya koymuştur. Bu kapsamda, her bir tablo yalnızca sayısal eğilimleri değil; aynı zamanda öğrencilerin öğrenme süreçlerine dair bilişsel ve duyuşsal katılımlarını yansıtan göstergelerle ilişkilendirilerek çok boyutlu bir bakış açısı sunmuştur. Sonuç olarak, bu bölüm, nicel verilerin bütüncül yaklaşımla analiz edildiği ve öğrencilerin öğrenme davranışlarının hem içerik etkileşimi hem de tutum değişimi bağlamında detaylı biçimde değerlendirildiği özgün bir analiz çerçevesi sunmaktadır.

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmanın temel amacı, sanal gerçeklik destekli bir astronomi öğrenme ortamında ortaokul öğrencilerinin dikkat, merak ve odaklanma düzeylerini nesnel verilerle analiz etmektir. Göz izleme verileri ve astronomi tutum ölçekleri aracılığıyla elde edilen bulgular, bu hedefin başarıyla gerçekleştirildiğini ortaya koymaktadır. Özellikle etkileşimli, görsel açıdan zengin ve kullanıcı dostu içeriklerin öğrencilerin bilimsel kavramlara olan ilgisini ve motivasyonunu artırdığı görülmektedir. Bu sonuç, fen bilimleri öğretiminde geleneksel yöntemlerin ötesine geçilmesi gerektiğini ve öğrencilerin aktif rol aldığı, deneyim temelli öğrenme ortamlarının daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Öğrencilerin “Güneş Sistemi’ni İnceleme” bölümüne yönelmesi ve bu alanda daha uzun süreli odaklanma göstermesi, yapılandırmacı yaklaşıma uygun öğrenme senaryolarının bilişsel katılımı artırdığını desteklemektedir (Jonassen, 1991). Etkileşimli ortamların öğrencilerde öğrenmeye yönelik olumlu tutumları geliştirdiği, içerik ile öğrenci arasında anlamlı bağ kurmayı kolaylaştırdığı birçok araştırmada vurgulanmıştır (Makransky & Mayer, 2022). Bu bağlamda, sunulan sanal ortam yalnızca

bilgi sunmakla kalmamış; aynı zamanda öğrencilerin aktif olarak keşfetmelerine, karşılaştırmalar yapmalarına ve merak ettikleri kavramları deneyimlemelerine olanak tanımıştır.

Araştırma sonucunda dikkat çeken önemli bulgulardan biri, öğrencilerin ilgilerini çeken gök cisimlerinin hem görsellik açısından zengin hem de öğrencilerin ön bilgileriyle bağlantılı olmasıdır. Bu durum, görsel dikkat ile kavramsal bağ kurma arasındaki ilişkiyi gözler önüne sermektedir. Özellikle Arcturus ve Plüton gibi önceden bilgi sahibi olunmayan ancak sanal ortamda estetik şekilde sunulan içeriklere gösterilen yoğun ilgi, görsel çekiciliğin bilimsel merakı tetikleyebileceğini göstermektedir. Bu sonuç, estetik öğrenme ortamlarının bilim eğitime nasıl entegre edilebileceği konusunda öğretmen ve tasarımcılara önemli ipuçları sunmaktadır.

Göz izleme analizlerinde kullanılan teknik verilerden olan luma değeri ve peak sayısı da dikkat davranışlarının derinlemesine incelenmesine olanak tanımıştır. Ancak çalışmada bu teknik veriler, öğrencilerin metinsel içeriklerle bütünleşme düzeyini açıklamakta tek başına yeterli olmamış, bu nedenle duyuşsal ve bilişsel süreçlerin birlikte ele alınması gerektiği görülmüştür. Özellikle çok parlak veya dikkat çekici alanlara odaklanan öğrencilerin bazı içerikleri yüzeysel geçtiği gözlemlenmiş; bu da görsel çekiciliğin her zaman kavramsal derinlik anlamına gelmediğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda Mayer'ın çoklu ortam kuramı çerçevesinde görsel ve metinsel öğelerin anlamlı bir bütün oluşturacak şekilde sunulması gerektiği vurgulanmalıdır (Mayer, 2009).

Astronomi Tutum Ölçeği ile elde edilen bulgular ise sanal ortamın öğrencilerin bilimsel tutumları üzerinde olumlu etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle “merak”, “gözlem isteği” ve “araştırmaya yönelim” gibi boyutlarda gözlenen anlamlı artışlar, VR teknolojilerinin öğrenci motivasyonu üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu göstermektedir. Bu durum, öğrencinin yalnızca bilgi edinmesini değil; aynı zamanda bilimsel bir kimlik geliştirmesini, gelecekteki akademik ilgilerini yönlendirmesini ve bilimsel okuryazarlık düzeyini yükseltmesini desteklemektedir (Osborne vd., 2003; Yılmaz & Bayraktar, 2014).

Öneriler

Araştırma sonucunda aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir.

- Öğrenme ortamlarına sesli anlatım, yönlendirici animasyonlar ve geri bildirim içeren etkileşimli bölümler eklenerek çoklu ortam unsurları zenginleştirilmelidir.
- Göz izleme tekniklerinin sadece kısa süreli uygulamalarda değil, uzun vadeli öğrenme süreçlerinde de kullanılması önerilmektedir. Böylece dikkat sürekliliği ve öğrenme kalıcılığı daha güçlü biçimde incelenebilir.
- Farklı yaş gruplarındaki öğrencilerle yapılacak karşılaştırmalı çalışmalar, sanal öğrenme ortamlarının gelişimsel uygunluğuna dair daha fazla veri sunabilir.
- Göz izleme çıktıları ile öğrencilerin duygusal tepkilerini eş zamanlı değerlendiren çok katmanlı analiz sistemleri kullanılabilir.
- Öğrencilerin görüşleri doğrultusunda sanal ortam tasarımları kullanıcı merkezli yaklaşımla yeniden yapılandırılmalı ve öğretmenlerin rehberliği entegre edilmelidir.

Etik ve Çıkar Çatışması

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Öğretmenliği programında yürütülen “*Sanal Ortamda Ortaokul Öğrencilerinin Güneş Sistemindeki Gözlem ve Meraklarının Göz Takip Cihazıya İncelenmesi*” başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışmanın yürütülmesi sürecinde tüm etik ilke ve kurallara uyulmuş; katılımcılardan gönüllü onam alınmış ve gerekli kurum izinleri temin edilmiştir. Araştırma için Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu’nun 10.10.2023 tarihli toplantısında alınan 15 sayılı kararı ile etik onay verilmiş; söz konusu karar, 12.10.2023 tarihli ve E-87347630-659-759199 sayılı yazı ile onaylanmıştır. Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Akpınar, E., Aktamış, H., & Ergin, Ö. (2005). Fen bilgisi öğretiminde görsel araçların etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 30(135), 10-17.
- Altan, T., & Çağıltay, K. (2022). Sanal gerçeklik ve eğitim: Çoklu ortam tasarımı yaklaşımları. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 12(1), 45–63.
- Bacanlı, H., & Türk Kurtça, T. (2020). Merakın gücü: Eğitsel psikoloji açısından merak. *Eğitim Psikolojisi Dergisi*, 14(2), 112–128.
- Berlyne, D. E. (1960). *Conflict, arousal, and curiosity*. McGraw-Hill.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-609-4>
- Duchowski, A. T. (2007). *Eye tracking methodology: Theory and practice* (2nd ed.). Springer.
- Erdemir, N., & Bakırcı, H. (2009). Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilgisayar destekli fen öğretimine ilişkin tutumları. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(36), 1–10.
- Gülen, S., & Demirkuş, N. (2015). Görsel materyal destekli fen öğretiminin öğrenci başarısına etkisi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 15(3), 789–804.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford University Press.
- İnan Kaya, G. (2016). Akademik güdülenme ve öğrenme motivasyonu ilişkisi. *Eğitimde Psikolojik Araştırmalar Dergisi*, 19(2), 101–110.
- Jonassen, D. H. (1991). *Evaluating constructivist learning*. Educational Technology.
- Kara, Y., & Yıldırım, H. İ. (2021). Ortaokul öğrencilerinin Güneş Sistemi konusundaki kavram yanlışlarının incelenmesi. *Uluslararası Fen Eğitimi Dergisi*, 13(2), 121–139.
- Lai, M. L., Tsai, M. J., Yang, F. Y., Hsu, C. Y., Liu, T. C., Lee, S. W. Y., Lee, M. H., Chiou, G. L., Liang, J. C., & Tsai, C. C. (2013). A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational Research Review*, 10, 90–115. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.10.001>
- Makransky, G., & Mayer, R. E. (2022). Benefits of taking a virtual field trip in immersive virtual reality: Evidence for the immersion principle in multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 34, 1827–1846. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107292>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K–12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Özdemir, S. (2024). Eğitimde göz izleme teknolojilerinin kullanımı: Kuramsal ve uygulamalı bir bakış. *Eğitim Teknolojileri Dergisi*, 16(1), 33–52.
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15(1), 1–12.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372–422.
- Renninger, K. A., & Hidi, S. (2016). *The power of interest for motivation and engagement*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315771045>
- Sağlam, M., & Karaoğlu Yılmaz, F. G. (2021). The use of eye-tracking technology in educational research: Opportunities and challenges. *Journal of Educational Technology & Online Learning*, 4(2), 143–160.
- Say, Ş. (2017). Sanal gerçeklik destekli fen öğretiminin öğrenci başarısı ve tutumlarına etkisi. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 7(2), 123–140.

- Sarioğlu, B., & Girgin, D. (2020). Fen öğretiminde sanal gerçeklik uygulamalarının öğrenci başarısına ve tutumlarına etkisi. *İlköğretim Online*, 19(4), 2634–2651.
- Treagust, D. F., Duit, R., & Fraser, B. J. (2006). *Teaching and learning science: An evidence-based practice*. Springer.
- Tsai, M. J., Hou, H. T., Lai, M. L., Liu, W. Y., & Yang, F. Y. (2012). Visual attention for solving multiple-choice science problem: An eye-tracking analysis. *Computers & Education*, 58(1), 375–385. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.015>
- Uçar, R., & Aktamış, H. (2019). Astronomi'ye yönelik tutum ölçeği ve 7. sınıf “Güneş Sistemi ve Ötesi” ünitesine yönelik başarı testi geliştirme çalışması. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 10(1), 57–79. <https://doi.org/10.47214/adeder.1267535>
- Yıldırım, B., Yalçın, P., & Bayrak, C. (2016). Eye tracking technology for analyzing students' visual attention in science education. *Journal of Turkish Science Education*, 13(Special Issue), 81–95.
- Yıldırım, İ., Kaban, A., & Öztürk, M. (2016). Eğitimde göz izleme yönteminin kullanımı. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 6(2), 1–20.
- Yılmaz, M., & Bayraktar, Ş. (2014). Bilimsel tutumların akademik başarıya etkisi. *Fen Bilimleri Eğitimi Dergisi*, 12(3), 245–263.

EXTENDED ABSTRACT

This study aimed to investigate middle school students' attention, focus, and curiosity levels in a virtual reality-based astronomy-learning environment by utilizing eye-tracking technology. As astronomy topics such as the Solar System often involve abstract concepts that cannot be directly observed, traditional teaching methods are frequently insufficient to sustain student engagement and conceptual understanding. In this context, the study was designed to explore how immersive virtual experiences, supported by visual and interactive elements, can enhance students' scientific curiosity and focus during learning. The study was conducted with 60 middle school students enrolled in public schools in İzmir, Türkiye, during the 2023–2024 academic year. Data were collected through Tobii Eye Tracker devices, which recorded students' gaze positions, fixation durations, heatmaps, and Luma values while they interacted individually with a three-dimensional virtual Solar System simulation. The application consisted of three main zones: an encyclopedic knowledge panel presenting structural and historical facts about the Solar System, a planet exploration area allowing interactive observation of planets, and a visiting section enabling virtual journeys to celestial bodies. Alongside eye-tracking data, students completed the Astronomy Attitude Scale both before and after the implementation. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics and comparative tests. The eye-tracking results revealed that students' attention was predominantly directed toward dynamic and visually salient elements such as Saturn's rings, the surface of Pluto, and the Sun's texture. In contrast, static or text-based sections attracted shorter fixation times. Students tended to focus longer on planets with which they were already familiar, such as Earth and Mars, indicating that prior knowledge can influence attentional engagement. Heatmap analyses further showed concentrated attention zones on bright, moving, or rotating objects, confirming the role of visual dynamics in sustaining cognitive focus. The pre- and post-test results of the Astronomy Attitude Scale demonstrated a statistically significant increase in students' positive attitudes toward astronomy after the virtual reality experience. The findings also highlighted that immersive and interactive visualizations promoted curiosity and intrinsic motivation by allowing learners to explore at their own pace within an engaging, low-pressure environment. Overall, the integration of eye-tracking data with self-reported attitudes and qualitative reflections provided a multidimensional understanding of how virtual reality environments influence cognitive and affective learning components. The study's results align with Mayer's Cognitive Theory of Multimedia Learning, suggesting that combining visual and auditory stimuli fosters deeper processing and meaningful learning. Furthermore, the findings support constructivist learning principles, indicating that learners actively construct their own understanding when interacting with immersive educational content. Eye-tracking technology proved to be a valuable research tool, offering objective and fine-grained indicators of students' visual attention patterns and engagement behaviors. These insights can inform educators and digital content designers about optimizing spatial layouts, color contrasts, and motion cues in educational simulations. In conclusion, this study demonstrates that virtual reality-based astronomy environments

significantly enhance students' attention, focus, and curiosity, while positively shaping their attitudes toward science learning. By integrating immersive visualization with objective gaze data, the study contributes to both the methodological and practical dimensions of science education. The results underscore the pedagogical potential of combining eye-tracking analytics with virtual learning to design learner-centered, curiosity-driven experiences. This study provides empirical evidence that such environments not only capture attention but also sustain meaningful engagement—offering valuable implications for future studies and applications in technology-enhanced education.

IJTASE