




# Ay Çarpma Parlamalarının Gözlenmesi: Video Gözlem Yöntemi

Mert Acar<sup>1,2</sup>  , Serdar Evren<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> İSTEK Belde Gözlemevi, İSTEK Okulları Bilim Merkezi, 34674, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Ege Üniversitesi, 35100, İzmir, Türkiye

Accepted: December 14, 2022. Revised: November 24, 2022. Received: November 6, 2022.

## Özet

Video observation method is used to detect the impact flashes caused by meteorites hitting the lunar surface at high speeds. Video observations made with continuous recording are much more possible than other methods in observing lunar impact flashes whose time and location cannot be known beforehand, and in detecting impact flashes within these observations. In this study, the general features of the video observation and the steps followed in the observation of the lunar impact flashes are presented as a summary.

## Abstract

Ay yüzeyine yüksek hızlarla çarpan göktaşlarının oluşturduğu kısa süreli parlamaların saptanmasında video gözlem yöntemi kullanılmaktadır. Sürekli kayıt alınarak yapılan video gözlemleri, önceden zamanı ve konumu bilinmeyen Ay çarpma parlamalarının gözlenmesi ve bu gözlemler içinde çarpma parlamalarının belirlenmesinde, diğer yöntemlere göre çok daha olanaklıdır. Bu çalışmada, vido gözlem yönteminin genel özellikleri ve Ay çarpma parlamaları gözleminde izlenen adımlar olarak sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** methods: observational – minor planets, asteroids: Moon – planets and satellites: detection

## 1 Giriş

Yüksek hızlarda hareket eden göktaşlarının Ay yüzeyine çarpmaları sonucunda kısa süreli ani parlamalar meydana gelmektedir. Çarpma anında, çarpan cismin sahip olduğu kinetik enerjinin ısısal enerjiye dönüşmesiyle oluşan bu parlamalar Ay Çarpma Parlamaları (Lunar Impact Flashes) olarak ifade edilmektedir. Teleskop ve fotometre kullanılarak, Ay yüzeyinde meydana gelen bu parlamaların gözlenebileceğine dair ilk fikir teorik bir değerlendirme olarak ortaya konmuş (Melosh ve diğ. 1993) gelişen teknoloji sonucu CCD (Charged Couple Device) kameraların astronomi gözlemlerinde kullanılmasıyla, 1999 yılında Ay çarpma parlamaları ilk kez gözlenmiştir (Dunham ve diğ. 2000; Ortiz ve diğ. 2000). Ay çarpma parlamalarının ilk defa gözlenmesinin ardından göktaşı yağmurlarının yoğun olduğu dönemler başta olmak üzere, araştırmacıların gerçekleştirdiği gözlemler ve bu gözlemler sonucu ulaşılan çarpma olayının sıcaklığı (Madiedo ve diğ. 2018), çarpan cismin kinetik enerjisi, çarpma sonucu oluşan krater boyutları (Liakos ve diğ. 2020; Avdellidou ve diğ. 2021) gibi elde edilen sonuçlar literatüre kazandırılmıştır (Acar & Evren 2022).

Parlamaların gözlenmesinde video yönteminin kullanılması, poz süresi verilerek yapılan ve her poz süresi sonunda tek bir görüntünün oluşturulduğu yöntemle kıyaslandığında bazı avantajlar sağlamaktadır. Gözlenen çarpma parlamalarının yarım saniyeden daha kısa sürelerde ve çoğu sönük parlamaların 0.1 saniyenin altında gerçekleştiği (NEO Lunar Impacts and Optical TrAnsients – NELIOTA) düşünüldüğünde, poz süresi sonunda elde edilen bir görüntüde parlamaların görüntü içinde

kaybolma ihtimali bulunmaktadır. Çarpma olayları rastgele gerçekleşen olaylar olduğundan, parlamaların Ay üzerinde tam olarak nerede ve ne zaman gerçekleşeceği önceden bilinmemektedir.

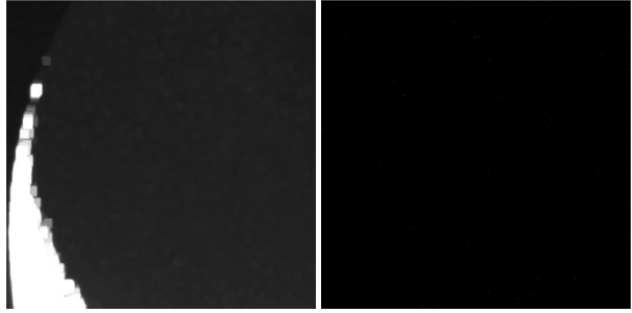
Çarpma parlamalarının gözlenmesi için Ay'ın görünen karanlık tarafından sürekli veri alınarak gözlemler yapılmaktadır. Yeni Ay evresinde Ay'ın 0 yaş döneminde, İlk Dördün evresinde 7, Dolunay evresinde 14, Son Dördün evresinde 22 ve tekrar Yeni Ay evresinde 29-0 yaş döneminde olduğu düşünüldüğünde, çarpma parlamaları gözlemleri için en uygun zamanlar, Ay'ın 5 ile 10 yaş arası ve 20-25 yaş arası dönemleridir. Bu dönemlerde Ay'ın gece tarafından alınan verilerle çarpma parlamalarının saptanması için gecelik gözlem süresi içinde en fazla görüntüleme yapılmalıdır. Poz süresi verilerek elde edilen görüntülerde okuma ve kayıt zamanları gözlem süresi boyunca ölü zamanlar oluşturmaktadır. Video gözlemlerinde saniyedeki görüntü sayısı 25-50 fps aralığındaki değerlerde olduğundan ve kayıt sürekli yapıldığından, ölü zamanlar ortadan kalkmakta, böylece gözlem süresi içindeki kayıp zamanlar en aza inmektedir.

Günümüz teknolojisinde kameraların duyarlılıkları ve saniyede aldıkları yüksek görüntü sayıları (fps) nedeniyle video gözlemleri, bu tür çalışmalar için en uygun yöntem olarak görülmektedir. Bu nedenle Ay çarpma parlamalarının gözlemlerinde yeni nesil video kameralar kullanılarak video gözlemleri yapılmaktadır. 2017 yılında gözlemlerine başlayan ve sistematik gözlemlerine devam eden NELIOTA projesinde, 2560x2160 piksel Andor Zyla 5.5 model sCMOS (Complementary metal-oxide-semiconductor) kamera ile 30 fps video gözlemleri yapılmaktadır (Liakos ve diğ. 2020). 2017 yılında İSTEK Belde Gözlemevi'nde 1620x1200 piksel Celestron Skyris 274M kamera ile 15-20 fps değerlerinde video

\* mert.acar@istek.k12.tr



Şekil 1. Sol: İlk görüntü, Orta:Fark görüntüsü, Sağ: Hatalı saptama.



Şekil 2. Beyaz alanların genişletilmesi işleminin ardından fark görüntüsündeki hatalı saptamaların giderilmesi.

gözlemlerine başlanmış, 2021 yılında bu kamera QHY5III178M CMOS kamera ile değiştirilmiştir. Ay çarpma parlaması gözlemlerinde 3072×2048 piksel çözünürlükte 30 fps video gözlemleri devam etmektedir. Yüksek fps video gözlemleri için bir başka örnek ise bu yıl faaliyete geçmesi beklenen ve 300 fps video kaydıyla gözlem yapması planlanan Calar Alto Gözlemevi yeni sistemi verilebilir (Madiedo ve diğ. 2022).

Video gözlem yönteminde kullanılan kameralarla yüksek fps değerlerinde kayıt alınması, yüksek zaman çözünürlüğünde veri elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak yüksek fps video verilerinin boyutları büyük hafıza kapasitesi gerektirmektedir. İSTEK Belde Gözlemevi sistemiyle yapılan gözlemlerde bir saatlik gözlem verisi ortalama 60 GB alan tutmaktadır. Bu nedenle Ay çarpma parlaması gözlemleri için büyük veri depolama alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Video verilerinde herhangi bir çarpma parlamasının olup olmadığının saptanması için özel yazılımlar geliştirilmiştir. Video kaydı içinde ardışık görüntülerin birbiriyle karşılaştırılmasıyla, herhangi bir görüntünün piksellerindeki değişimin belirlenmesi temeline dayanan yazılımlar, konu üzerine çalışan araştırmacıların geliştirdiği (Madiedo ve diğ. 2015; Xilouris ve diğ. 2018) ve genellikle açık kaynaklı olmayan programlardır. LunarScan yazılımı (Gural, 2007) AVI formatında dosyaların analizinde aynı temellerle çalışan ve erişime açık olan bir programdır. Ay çarpma parlaması gözlemlerinin analizi için geliştirilen ZEPAZO yazılımı ise neredeyse tüm video formatlı dosyaların analizinde kullanılabilir. ZEPAZO yazılımının tüm testlerinin tamamlanmasının ardından yakın zamanda yayınlanarak erişime açılması planlanmaktadır. Ayrıca NELIOTA grubunun geliştirdiği ve Stefanos Achlatis tarafından sunumu gerçekleştirilen FDS (Flash Detection Software) yazılımının yakın bir zamanda erişime açılacağı duyurulmuş, geliştirilen yazılımın parlamaları gözlem sırasında

çevrimiçi olarak saptanmasını sağlayacak şekilde tasarlandığı belirtilmiştir.

Saniyenin altındaki sürelerde meydana gelen Ay çarpma parlaması gözlemlerinin yanı sıra, hızlı gerçekleşen örtülme (occultation) olayları, Güneş Sistemi'ndeki gezegenlere çarpan göktaşlarının gözlenmesi, çok kısa dönemli örten çift yıldız gözlemleri, Güneş Sistemi gezegenlerinin görüntülenmesi ve yüksek zaman çözünürlüğü gerektiren pek çok astronomi olayında video gözlem yöntemi kullanılmaktadır. Limovie ve Tangra gibi yazılımlarla video formatındaki veriler üzerinden ışık ölçüm yapılabilen WinJUPOS ve RegiStax yazılımları kullanılarak Güneş Sistemi gezegenlerinin ayrıntılı görüntüleri elde edilebilmektedir.

## 2 Gözlem, Saptama, Doğrulama ve Analiz

Ay çarpma parlaması gözlemleri üzerine yapılan araştırmalar, Ay'ın karanlık tarafının veri alınması (gözlem), verilerden parlamaların saptanması (saptama), parlamaların doğrulanması (doğrulama) ve parlamaların parlaklık değerinin belirlenmesi (analiz) adımları izlenerek gerçekleştirilmektedir.

### 2.1 Gözlem

Kullanılan teleskop ve kamera özelliklerine uygun olarak olası en geniş görüş alanında (FoV) ve sürekli olarak, Ay'ın görünen karanlık tarafının video gözlemi gerçekleştirilmektedir. Gözlemlerde kullanılan sistemin özelliklerine bağlı olarak, her gözlem gecesi için en uygun fps ve gain değerleri belirlenerek gözlemler yapılmalıdır. Belde Gözlemevi'nden yapılan gözlemlerde QHY5IIIM kamera SharpCap yazılımı ile kontrol edilmekte, 30 fps video gözleminde 15-20 aralığındaki düşük kazanç değerleri kullanılarak gözlemler yapılmaktadır. Video akış hızı ve kazanç gibi kamera kontrolünde izin verilen özelliklerin değerlerinin, gözlem boyunca değiştirilmemesine dikkat edilmeli, değişiklik gerektiren durumlarda referans yıldızlarından da aynı özelliklerle veri alındığı kontrol edilmelidir.

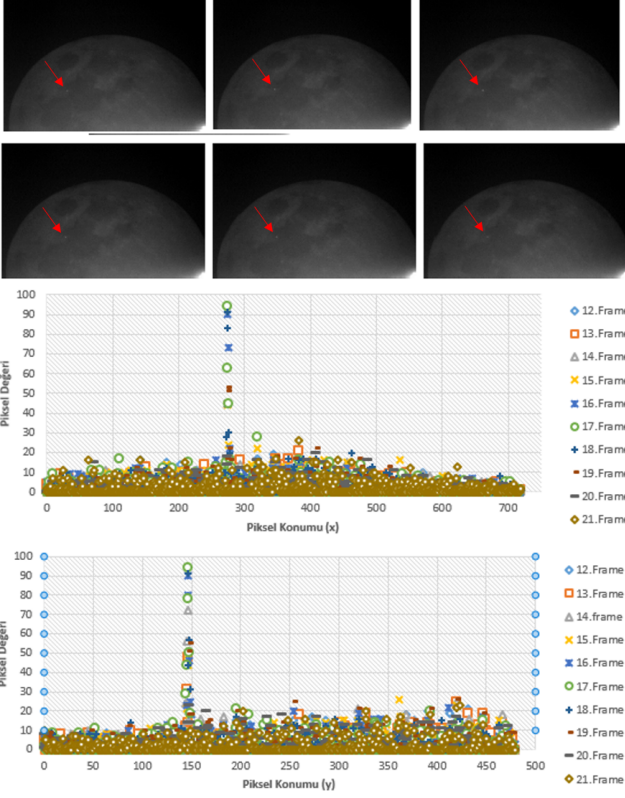
### 2.2 Saptama

Video gözlem verilerindeki parlamaları belirlemek için ZEPAZO yazılımı kullanılmaktadır. ZEPAZO, Python dilinde oluşturulan ve çoğu hesaplama için OpenCV kütüphanesini kullanan bir yazılımdır. Program, ardışık görüntülerde her bir görüntüden, bir önceki görüntünün çıkarılmasıyla oluşturulan fark görüntüsündeki değişimleri belirlemektedir. Bunun ardından değişimin olduğu görüntü üzerinde değişimin konumu gösteren bir görüntü, birkaç önceki ve birkaç sonraki görüntülerden oluşan bir çıktı dosyası oluşturulmaktadır. Saptamaların ne kadar hassasiyette gerçekleştirileceğine dair bazı değerler kullanıcılar tarafından belirlenebilmektedir.

Şekil 1, bir görüntüde küçük bir hareketten kaynaklanan ve bu nedenle fark görüntüsünde meydana gelen çok sayıda hatalı saptamayı göstermektedir. Bu gibi problemleri engellemek için önceki görüntüdeki beyaz alanların genişletilmesi işlemi uygulanmaktadır. Şekil 2, bu işlem yapıldıktan sonra hatalı saptamaların ortadan kaldırıldığı, önceki ve sonraki görüntüleri göstermektedir. Analiz hassasiyeti nedeniyle ortaya çıkabilecek bu gibi hatalı saptamalar, program ayarları yardımıyla giderilmektedir.

### 2.3 Doğrulama

Elektriksel etkiler nedeniyle oluşan ya da kozmik ışınların oluşturduğu CCD görüntüsü üzerindeki bazı piksellerin



Şekil 3. Gözlenen parlamanın ardışık 6 görüntüdeki ham görüntüsü ve 10 görüntü için parlamanın yatay ve dikey konumundaki piksel değerleri.

parlak olması, çarpma parlaması gibi saptanmaktadır. Gözlem verilerinin indirgenmesinde kullanılan Dark, Bias ve Flat görüntülerinin, parlamanın saptandığı görüntüye uygulanmasıyla bu etkiler ortadan kaldırılmaktadır.

Yer yörüngesinde dolanan yapay uydulardan yansıyan Güneş ışınlarının oluşturduğu parlamalar da sıklıkla çarpma parlaması gibi algılanmaktadır. Gözlem yapılan doğrultuda bilinen bir uydunun olup olmadığının kontrolünün yanı sıra, birden fazla görüntü içinde saptanmış parlamaların CCD üzerindeki konumu kontrol edilmektedir. Uyduların neden olduğu parlamalarda, parlamaların görüldüğü piksellerin konumlarında farklılık görülmektedir. Bu durum parlamaların hareket halindeki bir cisimden, uydudan ya da gözlem doğrultusuna dik bir doğrultuda atmosfere giren mikro meteorlardan kaynaklandığının göstergesi olarak düşünülmektedir.

Ardışık birden fazla görüntüde saptanmış parlama görüntüleri ve parlamaların CCD üzerindeki konumunun grafiği Şekil 3 ile gösterilmektedir. Birden fazla görüntüde saptanan parlamaların CCD üzerinde aynı konumda gözlenmesi, böyle bir parlamaların çarpmadan kaynaklandığını düşündürmektedir. Ancak saptanan parlamaların parlaklık değerinin belirlenmesiyle, şimdiye kadar gözlenmiş çarpma parlamalarının gerçekleştiği süreler ve parlaklık değerleri kıyaslanmalıdır. Saptanan parlamaların gerçek bir çarpmadan kaynaklandığının en geçerli kanıtı ise parlamaların birden fazla teleskop tarafından aynı konumda gözlenmesiyle mümkündür.

## 2.4 Analiz

Saptanan parlamaların parlaklık değerinin bulunması ışık ölçümde kullanılan fotometre yazılımları kullanılarak yapılmaktadır. Parlamaların saptandığı video verisinde, parlamaların bulunduğu görüntüler **Tangra** yazılımı kullanılarak fits formatındaki dosyalara dönüştürülmektedir. Aynı poz süresinde ve aynı hava kütlesi içinde gözlenen referans yıldızlarının verileri kullanılarak parlamaların parlaklık değerine ulaşılmaktadır.

## 3 Sonuç ve Öneri

Ay çarpma parlamalarının gözlenmesinde video gözlem yönteminin kullanılması, yüksek zaman çözünürlüğü ve gözlem süresi içinde en az kayıp zamanla sürekli veri alınması açısından diğer yöntemlere göre daha avantajlı görünmektedir. Bu yöntemle yapılan gözlemlerde çarpma parlamalarının belirlenmesi, video formatında parlamaların saptanması, parlamaların doğrulanması ve parlamaların analizinin yapılması adımları uygulanmaktadır. Bu adımların herhangi bir aşamasında çarpma parlaması olmadığına dair bir sonuçla karşılaşılmaması durumunda, elde edilen sonuçlar Ay çarpma parlaması olarak değerlendirilmektedir. Gelişen teknoloji sonucu kaliteli sensörlere sahip, ekonomik fiyatlarda çok sayıda video kamera bu tür çalışmalar için kullanılabilir. Okul gözlemleri, bilim merkezleri, amatör gözlemciler ve üniversite gözlemlerinin envanterlerinde video kayıt özellikli kameralar bulundurmaları, yapılacak gözlemsel araştırmalarda alternatif yöntemler kullanmaya imkan sağlayabilir. Özellikle çok sayıda gözlem verisine ihtiyaç duyulan ve uluslararası gözlem çağrılarında bulunulan örtülme olaylarının bu yöntemle gözlenmesi, bilimsel çalışmalara önemli katkılar sunmaktadır. Video gözlem yönteminin yaygınlaşması, ülkemizdeki gözlemsel astronomi çalışmalarının çeşitlenmesine ve hali hazırda yapılmakta olan araştırmalara katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

## Teşekkür

Bu çalışmada bahsedilen ZEPAZO yazılımı, TÜBİTAK 2214-A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı kapsamında gerçekleştirilmiştir.

## Bilgilendirme

Ay çarpma parlamalarının gözlenmesi üzerine yapılmakta olan doktora çalışmasında, değerli görüş ve fikirlerini paylaşmaktan çekinmeyen tez izleme komitesi hocalarımıza teşekkürlerimizi sunarız.

## Kaynaklar

- Acar M., Evren S., 2022, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 3, 52
- Avdellidou C., ve diğ., 2021, *Planet. Space Sci.*, 200, 105201
- Dunham D. W., ve diğ., 2000, in Lunar and Planetary Science Conference. Lunar and Planetary Science Conference. p. 1547
- Liakos A., ve diğ., 2020, *A&A*, 633, A112
- Madiedo J. M., Ortiz J. L., Morales N., Cabrera-Cañó J., 2015, *Planet. Space Sci.*, 111, 105
- Madiedo J. M., Ortiz J. L., Morales N., 2018, *MNRAS*, 480, 5010
- Madiedo J. M., Ortiz J. L., Morales N., 2022, in European Planetary Science Congress. pp EPSC2022–648, doi:10.5194/epsc2022-648
- Melosh H. J., Artemjeva N. A., Golub A. P., Nemchinov I. V., Shuvalov V. V., Trubetskaya I. A., 1993, in Lunar and Planetary

Science Conference. Lunar and Planetary Science Conference.  
p. 975

Ortiz J. L., Sada P. V., Bellot Rubio L. R., Aceituno F. J., Aceituno  
J., Gutiérrez P. J., Thiele U., 2000, *Nature*, 405, 921

Xilouris E. M., ve diğ., 2018, *A&A*, 619, A141

**Access:**

M23-0346: *Turkish J.A&A* — Vol.4, Issue 3.