TJAA Vol. **6**, *Special Issue*, *p.*370–378 (2025). DOI: 10.55064/tjaa.1597866 *Conference Paper*

Arşiv Verilerinde Güneş Sistemi Nesneleri Araştırması

Hasan H. Esenoğlu[1] ⋆, Adnan Ökten[1], M. Türker Özkan[1]
[1] *İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119 İstanbul, Türkiye*

Accepted: May 7, 2025. Revised: May 7, 2025. Received: December 8, 2024.

Özet
Bu araştırmada, Türkiye Ulusal Gözlemevleri'nin TUG RTT150 ve T100 teleskopları ile alınmış arşiv verilerinde, tutulma düzleminde Güneş Sistemine ait olası nesneleri içerebilecek potansiyel olanlar belirlenmektedir. Buradaki motivasyon, teleskopların çevrildiği uzay alanlarında astrofizik çalışmalara ek olarak Güneş Sistemi ekliptik düzleminin de araştırılmasına yönlendirmektedir. Görüntülerin sönüklük sınırları ve filitreli veya filitresiz durumlarına göre Güneş Sistemi üyelerini araştırma yöntemleri geliştirilmektedir. Araştırmanın bu aşamasında, RTT150 ve T100 verilerinden potansiyel adayların bulunması için üç yöntem geliştirilmiştir. Yöntemden elde edilen ön bulguya göre, 8 adet kaynağın (Gaia14aat, 15adf, 16bis, 18bwz, 18cft, 19emm, PGIR20dsv ve SDSSJ8121911) tutulma düzleminde yer aldıkları tespit edilmiştir. Geliştirilen üç yöntemden, O III ve Hα gibi dar bant (2-6.4 nm) verilerde "görüş" yıldızlara göre çok yakınımızdaki "disk" gibi yaygın kaynak olan Güneş Sistemi nesnelerini "nokta" kaynak yıldızlardan ayırt ederken (Yöntem-1), filtresiz verilerde "parlaklık" (Yöntem-2) ve "dairesellik" (Yöntem-3) parametrelerinin ayırt edici olduğu, Vesta küçük gezegeni ve Pamela asteroidinin arşiv verilerine uygulanmasıyla görülmüştür. Eğer bugüne kadar geleneksel metotlarla henüz keşfedilmemiş gezegen, asteroit ve diğer Güneş Sistemi nesneleri varsa geliştirdiğimiz yöntemleri (Yöntem-1, 2 ve 3) ilk kez arşiv verilerine uygulayarak kataloglarda bulunmayanları ortaya çıkartmak mümkün olabilecektir.

Abstract
In this study, archival data from the TUG RTT150 and T100 telescopes at the National Observatories of Türkiye were analyzed to detect potential Solar System objects within the ecliptic plane. The motivation behind this study is to explore ecliptic plane the Solar System while simultaneously conducting astrophysical investigations in the regions of space targeted by the telescopes. Methods for identifying Solar System objects are being developed by considering the extinction limits of the images and evaluating whether they were captured with or without filters. In this phase of the research, three methods developed to identify potential Solar System objects using data from the RTT150 and T100 telescopes are presented. According to preliminary findings, eight sources (Gaia14aat, Gaia15adf, Gaia16bis, Gaia18bwz, Gaia18cft, Gaia19emm, PGIR20dsv, and SDSSJ8121911) were identified within the ecliptic plane. Among the three methods developed, Method-1, based on "seeing", effectively differentiates Solar System objects from stars in narrowband (2–6.4 nm) data, such as O III and Hα. This method identifies common sources like nearby "discs" in contrast to distant "point" source stars. Additionally, parameters like "brightness" (Method-2) and "roundness" (Method-3) show distinctiveness when applied to unfiltered data, as evidenced by their application to archival data from minor planet Vesta and asteroid Pamela. If there are undiscovered planets, asteroids, or other Solar System objects that have eluded traditional detection methods, the methods developed in this study (Methods 1, 2, and 3) can be applied to archival data for the first time to uncover objects not yet listed in existing catalogs.

Anahtar Kelimeler: Solar System – Solar System disk – planets – asteroids – imaging data – method – expansion parallax – atmospheric effects

1 Giriş

Yer ve uzay temelli teleskoplar kendi proje amaçları doğrultusunda tüm gökküresine yönelmişlerdir. Bunlar içerisinden tutulma düzlemi bölgesine bakanların bir avantajı, Güneş Sistemi diski içerisinden geçiyor olmalarıdır. Bu yüzden görüntüleri Güneş Sistemi üyelerini de içeriyor olabilir. Bununla birlikte, en uzaktakilerin sayısı fazla iken yakına gelindikçe sayı azalacaktır. Bir de Güneş Sistemi üyelerinin sayısının az olduğu hesaba katılırsa bunların CCD çerçevesine girme olasılığı düşecektir.

Yıldızlar uzaklıklarından dolayı nokta kaynaklar olurken Güneş Sistemi disk bölgesinde yer alanlar yakın mesafelerinden dolayı nispeten "disk" görünümlü yaygın kaynaklardır. Öte yandan, yıldızlar ve Güneş Sistemi üyeleri arasında renk farklılığı da ortaya çıkar. $(B-V)$ renk ölçeği yıldızların yüzey sıcaklıklarının bir ölçüsüdür; renk ölçeği pozitif olanlar soğuk (kırmızı) ve negatif olanlar da sıcak (mavi) yıldızları belirtir. Güneş sistemi üyelerinde de bu durum benzer olmalıdır; $(B-V)$ ile ilgili gözlemlerden çıkarımlara göre bunun ayırt edici bir özellik olup olmadığına karar verilecektir.

Örneğin, uzaklık-yakınlık, nokta kaynak-yaygın kaynak gibi özellikler, yıldızlarla Güneş Sistemi üyelerini ayırt etme yöntemlerinde kullanılabilir. Bugüne kadar daha hala bulunamamış Güneş Sistemi üyelerinin keşfine böylesi farklı yaklaşım yöntemleri yeni bir pencere açabilir. Ayrıca, ötegezegenlerden gelmeye devam eden bilgiler de bu tür yaklaşımlara katkı verecektir.

Uzak Kuiper Kuşağı nesnelerin yörüngeleri dış Güneş Sisteminde henüz keşfedilmemiş 250-500 AB uzaklığında ve

⋆ esenoglu@istanbul.edu.tr

© 2025 Turkish Astronomical Society (TAD)

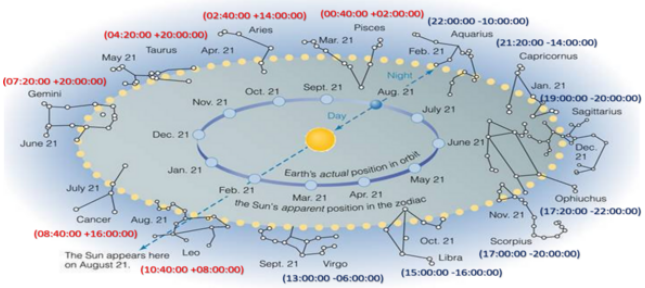
1.5-10 $M_{\oplus}$ bir gezegeni işaret etmektedir (Batygin ve diğ. 2016; Lykawka 2023). Bu yeni gezegenin, Güneş etrafında bir tam tur atması 10-20 bin yıl arasında sürecektir. Ancak, söz konusu gezegenin olabileceği düşünülen bölgelerin %78'i Pan-STARRS verilerinden araştırıldığı halde henüz keşfedilememiştir. Batygin ve diğ. (2016)'na göre, eğer simülasyonların öngördüğü gezegen gerçekten varsa ve günberi noktasına yakın bir yerde bulunuyorsa, arşiv görüntülerinden tespit edilebilmelidir. Yörüngesinin en uzak kısmında yer alıyorsa, gezegeni görmek için dünyanın en büyük teleskoplarına ihtiyaç duyulacaktır. Bununla birlikte, yeni yani simülasyonların öngördüğü dokuzuncu gezegen şu anda arada bir yerde bulunuyorsa da, birçok teleskobun bunu bulma şansı vardır.

Güneş Sistemine yönelik ikinci yeni bir örnek, Uranüs'ün yakın kırmızıötesi (NIR) dalga boyu gözlemleri, 1990'lardan itibaren yapılan birçok girişime rağmen, herhangi bir kırmızıötesi aurora tespit edilememişti (Thomas ve diğ. 2023). Thomas ve diğ. (2023)'na göre, Jüpiter ve Satürn'de NIR araştırmaları manyetosfer-iyonosfer-termosfer bağlantısına ilişkin süreci yeniden tanımlarken, Uranüs'te NIR aurora tespitinin olmaması, Uranüs'te bu süreçleri incelemek için bir eksikliğin bulunduğu anlamına geliyor. 5 Eylül 2006 tarihinde Keck II teleskobuyla alınan NIR Uranüs tayflarında geniş H_3^+ salma çizgileri tespit edilmiştir. Sıcaklıkları ve kolon yoğunluklarının analizi ile önemli bir sıcaklık artışı olmadığı halde H_3^+ iyonunun kolon yoğunluğunda %88'lik bir artış tespit edilmiştir. Bu, artan iyonizasyon üretimi aurora aktivitesiyle tutarlıdır. Bu yapılar Thomas ve diğ. (2023)'nın manyetik alan modeli ve Voyager 2 morötesi gözlemleriyle karşılaştırıldığında, bu bölgelerin kuzey küre aurorasının bölümlerini oluşturduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, farklı ya da eksikliği olan bir yaklaşımın fark edilmesiyle 2006 yılına ait arşiv görüntülerinden Uranüs'teki söz konusu kırmızıötesi aurora ilk kez doğrulanmıştır.

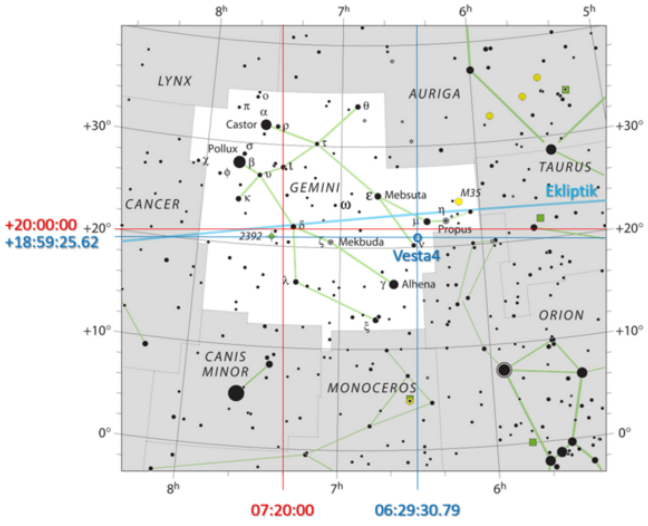
Güneş Sistemi taramalarında en olası teyit ve keşiflerin asteroitler üzerine olduğunu tahmin edebiliriz. Bu olumlu durum dolayısıyla asteroit bilimi, gezegen biliminde temel bir konudur ve gezegen oluşumu ve Güneş Sisteminin evrimi hakkındaki anlayışımızı ilerletmek için anahtardır (Burbine 2017). Burbine (2017)'e göre, yer tabanlı gözlemler ve görevler son yıllarda çok sayıda yeni veri sağlamıştır ve bunlar heyecan verici sonuçlar sunmaktadır.

Güneş Sistemi disk bölgesine ait en yeni araştırma de la Fuente Marcos ve diğ. (2025) tarafından yayınlanmıştır. de la Fuente Marcos ve diğ. (2025)'a göre, Dünya benzeri yörüngelerdeki küçük cisimler ("Arjunas kuşağı" nesneleri olarak isimlendirilmektedir), düşük maliyetli görevlere olanak sağladıkları için bilimsel keşif ve madencilik çalışmaları için iyi hedefler olarak belirtilmektedir. Mini-ay parçaları olarak da adlandırılan, tekrarlayan geçici olaylar (transient events) olarak yakalanan ve yörünge olayları yaşayan bu tür nesneler, uzay madenciliğinde erişilebilirlik açısından en iyi sıralananlar arasındadır. Çok az sayıdaki bu tür nesnelerin ($\leq$1 saat dönme periyodlu 2024 PT_5'in keşfiyle sayıları bir adet artmış oldu) böyle bir dinamik davranışta bulunduğu bilinmektedir. "İlginç Nesneler Grubuna" ait daha fazlasını bulmak ve karakterize etmek, önümüzdeki birkaç on yıl içinde uzaydaki bilimsel ve ticari araştırma faaliyetlerinin genişletilmesine yardımcı olabilir. 2024 PT_5'in keşfi, geçici olarak yakalanan yakın geçişlerin nispeten sık olduğunu ve uzayda bilimsel araştırma faaliyetleri ve ticari madencilik girişimleri için erişilebilir hedefler olarak uygun olan birkaç metreden daha büyük boyutlu nesneleri içerdiği doğrulanmış olmaktadır. 2024 PT_5'in keşfinde 10.4 ve 2 metre gibi büyük teleskopların kullanılmasının nedeni, asteroitin mutlak parlaklığının H=27.4 kadir gibi çok sönük olması ve tayfının alınması gereği içindir. Optik tayfının Ay'ınkine benzemesi ve 1 saat gibi hızlı dönmesi 2024 PT_5'in keşfini çok önemli kılmıştır. Örneğin Yer'in kendi eksenindeki dönüşü 24 saatten 2 saate hızlanması demek Ay'ın Dünya'dan ayrılması anlamına gelir (Bless 1996). Benzer şekilde, geçmişte Güneş ve Güneş Sistemi üyeleri çok hızlı dönüyorlardı, sistemden açısal momentum kaybı onları bugünkü dönüşlerine yavaşlattı ve bu süreç devam etmektedir.

2024 PT_5'in bazaltik olması da ayrıca önemli. Bless (1996)'in kitabından alıntıya göre, yerkabuğu granit ve bazalt gibi hafif kayalardan oluşmuştur. Ay'daki kabuk yapısına benzer şekilde hafif ve daha az yoğun granit kayalar kıtaları, daha ağır ve daha yoğun bazalt kayalar da okyanus tabanlarını oluşturmuştur. Granit ve bazalt karışımı en dıştaki kabuğun 2.7 g cm^{-3} lük ortalama bir yoğunluğu olmalıdır. Buna göre, 2024 PT_5 gibi Ay ve Vesta da bazaltik nesnelerdir. Ayrıca, Apollo bulgusuna göre, Ay yüzeyinin çoğunlukla eriyik lavların soğumasıyla meydana gelmiş bazaltlar tarafından kaplı olmasıdır. Ay'ın yüzeyi, oldukça erken dönemde radyoaktif ısıtma tarafından ya da oluşumundan sonraki ilk zamanlarda göktaşı çarpmaları tarafından eritilmiş olabilir. Ay kayalarının yaşları (en eskisi yaklaşık 4.2 milyar yıl), her iki (radyoaktif ısıtma ve göktaşı çarpmaları) olayın da etkili olması gerektiğini göstermiştir. Ay gibi Vesta'nın da bazaltik bir yüzeye sahip olması, yüzeyinin bir kez eriyen ve sonradan farklılaşan nispeten düşük yoğunluklu maddeleri içerdiğini gösterir. Sadece Vesta, bu tip yüzeyi bazalt büyük ana kuşak asteroiti idi, buna şimdi bazaltik 2024 PT_5 de eklenmiş oldu (de la Fuente Marcos ve diğ. 2025). Temel olarak bazaltik yapılı olmaları, 1) Yer ve Ay'ın oluşum senaryolarında birbirleriyle ilişkili olması ve 2) 2024 PT_5'in de Yer yörüngesi benzeri bir asteroit olmasıyla birlikte, 3) asteroit kuşağındaki Vesta'nın yerinin bazaltik yapısını açıklayacak olan Yer ile etkileşme bölgesine uzak bulunmaktadır. Bu durumda, Vesta yeterince bazalt bir yüzeyi oluşturacak kadar nasıl ısındı? Muhtemelen atılan radyoaktif ^{26}Al'nın enerjisiyle ya da özellikle elektromanyetik ısıtmayla bazalt yapısı oluşmuş olmalıdır. Bu elektromanyetik ısıtma, erken dönemdeki şiddetli Güneş rüzgarı Vesta'nın manyetik alanını gezegenlerin çaprazına sürüklediği, onların içlerinde elektrik akımlarına neden olduğu bir zamanda olmuştur. Bu akımların Vesta'nın iç kısımlarını erittiği, bazaltik yüzeyini meydana getirdiği olasıdır. Böylece bu kanıt, göktaşların yaklaşık 100 milyon yıl yaşından fazla olmayan (ve bugün de devam eden) bir zamanda meydana gelen çarpışmalarla dağılmış olan, çapları yaklaşık 50 kilometreye varan çok eski gezegenimsi cisimlerden gelen kırık parçalar olduğunu göstermektedir. Bu gezegenimsi cisimler düşük yoğunluklu toz ve buz kuyruklu yıldızlar olmayıp asteroitler olmalılar. Vesta için başka bir problem de şudur: Vesta'nın tayfı "eukritesler" olarak isimlendirilen bazaltik akondirit göktaşlarının bir sınıfıyla tamamen örtüşür ve ikisi arasında doğrudan bir ilişkiyi öne sürer. 1990'lı yıllarda ya da daha öncesinde, Yer benzeri yörüngeli üç bazaltik akondirit asteroit (Arjunas kuşağı nesneleri) keşfedilmiştir. Bu cisimlerin yörüngeleri 10-100 milyon yıl kadar sonra Yer'in yörüngesi ile çarpışacaktır. Dolayısıyla, Arjunas kuşağı nesnelerinin sayıları artmaz ise ileride yok olacaklardır. Öyleyse Vesta'nın bu üç asteroit parçası (Arjunas kuşağı nesneleri) nereden gelmiştir (Bless 1996)? Bu soru halen cevaplanmayı beklemektedir.



Şekil 1. Zodyak kuşağı takım yıldızları göksel koordinatlarının (RA, hhmmss ve Dec, ±ddmmss, parantez içerisinde RTT150 A dönemi kırmızı ve B dönemi mavi ile belirtilen) tutulma düzlemi boyunca yıllık dağılımı (Alıntı: theplanets.org).



Şekil 2. Üzerinden ekliptik geçen Zodyak takım yıldızlarından İkizler takım yıldızı gök atlası. Vesta'nın yeri de belirtilmiştir (Alıntı: en.wikipedia.org).

2025'in sonundan itibaren, Vera C. Rubin Gözlemevi (eski adıyla "Büyük Sinoptik Tarama Teleskobu – LSST)", Güneş Sistemi biliminin yeni bir dönemini başlatacaktır. Araştırmanın önümüzdeki on yıl içinde ∼5 milyon Güneş Sistemi nesnesini keşfetmesi ve izlemesi beklenmektedir (AAS Div. for Planetary Sciences 2024). Bugüne kadar yer ve uzay teleskoplarında bulunmayan sıra dışı büyüklüğü ve yüksek teknolojili "göz merceği" ile henüz ulaşılamamış Güneş-Merkür arası bölge ile özellikle 1 ışık yılı (75 bin AB) çaplı Güneş Sisteminin sınırlarının bilinmediği dış bölgelere kadar geniş bir aralık araştırılacaktır. Büyük olasılıkla henüz keşfedilememiş gezegen dahil yeni Güneş Sistemi üyelerini bu teleskop ortaya çıkartacaktır. Bulunanların yörünge elemanları hesaplandıktan sonra geçmişe dönük olarak bizlerin farklı astrofizik amaçlarla elde ettiğimiz tutulma düzlemi görüntülerinde bunların yer alması da olasılıklıdır.

Ayna açıklığı 8.4 m olan Vera C. Rubin Gözlemevi teleskobu, faaliyete geçeceği 2025'ten itibaren çok sönük nesneleri tespit edebilecektir. Kuiper Kuşağı ile Oort bulutu arasındaki on binlerce AB yarıçaplı alanın hemen hemen hiç haritası çıkarılmamış olup bu uzay taramasını 2026 yılından itibaren LSST yapacaktır. Yer'e yakın asteroitlerin %90'ını kataloglayacak ve bu da Dünya'ya çarpma tehdidini değerlendirmemize yardımcı olacaktır. Teleskop ayrıca Güneş Sistemimizdeki daha önce hiç görmediğimizden daha sönük veya daha uzak nesneleri görüntüleyebilecek ve bu da Güneş Sisteminin nasıl oluştuğu hakkında daha fazla şeyi anlamamıza yardımcı olabilecektir. Teleskobun odak düzlemine 3200 megapiksellik kamera konuşlandırılmış olup 2026'ın başından itibaren gözlem projelerine hizmet sunmaya başlayacaktır.

Vera C. Rubin Gözlemevine resmi katılım başvurusu Türkiye adına TÜBİTAK tarafından yapılmıştır (Esenoğlu & Kaplan 2020). Süreç, 2024 sonunda yüksek olasılıkla olumlu olarak sonuçlanacaktır.

"Arşiv Verilerinde Güneş Sistemi Nesneleri Araştırması" Vera C. Rubin Gözlemevinin doğrudan amaçlarıyla örtüşmektedir ve büyük bir ihtimalle Güneş Sistemimizde keşfedilmemiş yeni üyeler kalmayacak kadar iddialı olacaktır ve buna bilgisayar simülasyonların öngördüğü yeni bir gezegen de dahil olabilecektir.

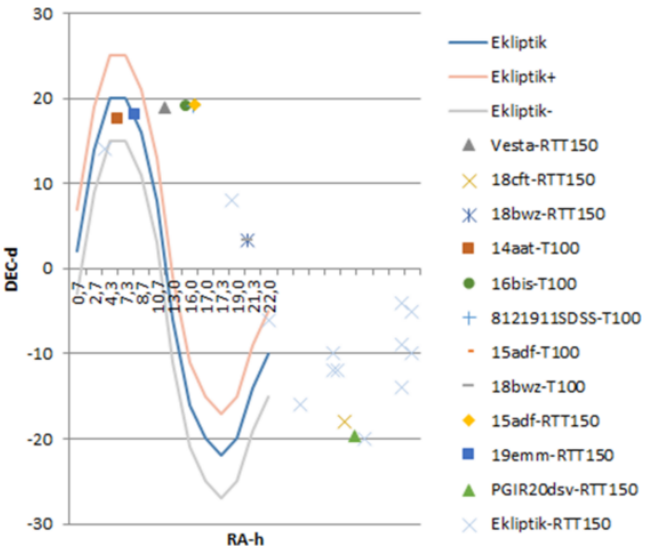
Bu araştırmada, söz konusu geliştirilen üç yaklaşım ayrıntılı olarak §2'de ve bulgular da özet liste olarak §3'de verilmiştir.

2 Yöntemler

Türkiye Ulusal Gözlemevlerinin TUG RTT150, T100 ve T60 gözlem projelerimizin verilerinin Güneş Sistemi disk bölgesinde olup olmadığına bakılması sürdürülmektedir. Buradaki motivasyon, teleskopların çevrildiği uzay alanlarında astrofizik çalışmalara ek olarak Güneş Sistemi diskinin de araştırılmasına yönlendirmektedir. Buna göre, yıl boyunca 10×360 deg^2 lik bir alanı kaplayan şerit içerisinde kalacak şekilde yönelimi ekliptik düzlemi civarında olan gözlem verileri tespit edilmektedir. Şekil 1'de Güneş Sistemi diskini betimleyen tutulma düzlemi ve yaklaşık 10° kalınlıklı olarak alınan Zodyak kuşağı ve takım yıldızları göksel koordinatları ile birlikte çizdirilmiştir. Böylelikle Güneş Sistemi disk bölgesinin göksel koordinatları belirlenmiştir. İkizler takım yıldızı (RA 20:00:00 ve Dec +07:20:00 kırmızı ile verilen) ve asteroit kataloğunda 4. sıradaki Vesta (RA 18:59:25.62 ve Dec +06:29:30.79 mavi ile verilen) küçük gezegenin de üzerinde yer aldığı örnek bir gök atlası Şekil 2'de verilmiştir. Araştırmaların ön sonuçlarına göre, Gaia14aat (T100), 15adf (RTT150+T100), 16bis (T100), 18bwz (RTT150+T100), 18cft (RTT150), 19emm (RTT150), PGIR20dsv (RTT150) ve SDSS J8121911 (T100) nesnelerinin tutulma düzleminde yer aldıkları tespit edilmiştir. Şekil 3'de bu nesnelerin Güneş Sistemi disk bölgesindeki göksel koordinatlarına göre konumları gösterilmiştir.

RTT150'nin $11.1\times11.1'$, T100'ün $21.5\times21.5'$ ve T60'ın $15.6\times15.6'$ görüntüleme alanı dikkate alındığında, Güneş Sistemi disk bölgesinin taranmasında sırasıyla 105 bin, 28 bin ve 53 binin üzerinde görüntüye ihtiyaç olduğu çıkmaktadır. RTT150 ile örneğin R süzgecinde 19. kadir parlaklığı için 300s poz verilmesi durumunda söz konusu bölgenin gözlemi için yaklaşık bir yıla karşılık gelen süre gerekecektir. Dar bant süzgeçleri (O III, Hα ve S II) ile olunca bu sefer 1800s poz vermek gerekecektir. Bu da süreyi bir yıldan 6 yıla çıkaracaktır. Dolayısıyla, zaman kazancı yönüyle Güneş Sistemi disk bölgesi arşiv verilerinin önemi artmaktadır.

Farklı tarihlerdeki arşiv verilerinden sabit yıldızlara göre Güneş Sistemi üyelerinin yer değiştirmesi, yine Güneş Sistemi üyelerini yıldızlardan konum bilgisi ile de ayrılabilme, kataloglar (arka zemin nesnelerini sanal atlas Aladin ve Simbad) ile karşılaştırma gibi geleneksel yöntemlerle Güneş Sistemi nesnelerinin aranması sürdürülecektir. Bununla



Şekil 3. Arşiv verilerinden çıkarılan 10° kalınlıklı tutulma düzlemi nesneleri. Vesta'nın yeri de belirtilmiştir.

birlikte, Güneş Sistemi disk bölgesi araştırmasında, bir CCD görüntüsüne Güneş Sisteminden ve Samanyolundan nesneler veya dış gökadalar ve derin uzay nesneleri girebilmektedir. Bu durum, geleneğin dışında görüş (veya PSF ölçümü), parlaklık ve dairesellik gibi parametreler üzerinden nokta kaynaklardan yaygın kaynakları ayırt edici yeni yöntemlerin geliştirilmesine olanak vermektedir. Aşağıda önerdiğimiz üç adet yöntem, görüntülerdeki yıldızımsı noktalardan benzerlerini gruplandırmada ve farklı olanları ayırt etmede başarılı olduğu görülmüştür.

Güneş Sistemi disk bölgesi araştırması için aşağıdaki kavramlar üzerinden geliştirilen üç yöntem alt bölümlerde verilmiştir:

- O III (λ=500.7 nm), Hα (λ=656.39 ve 656.92 nm) ve Hα dışı (S II, λ=674.98 nm) dar bantlar
- Yarı yükseklikte tam genişlik (FWHM)
- Görüş (seeing)
- Nokta kaynak saçılması (PSF)
- Nokta ve yaygın kaynak
- Genişleme paralaksı
- Nova kabukları ve
- Güneş Sistemi üyeleri

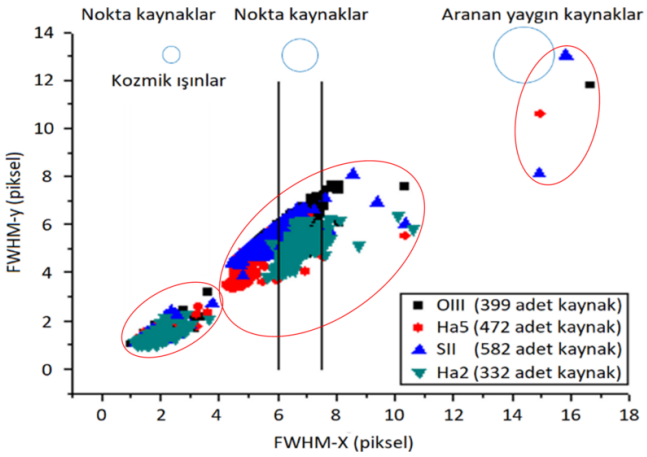
2.1 RTT150 Dar Bant Verileri İçin Atmosferik Görüş (Yöntem-1)

Nova patlamaları ile yıldızın etrafında uzaya atılan hidrojen ve oksijen içerikli bir kabuk yapı oluşmakta ve zamanla bunun büyüklüğü genişleyerek O III, Hα ve S II gibi dar bant filtrelerle ölçülebilir. Bu yolla da kabuk yapısının tespiti kesinleştirilebilmektedir. Yaygın kaynak nova kabuklarında hidrojen ve oksijen bolluğu yüksek (görüş değerleri büyük) kükürtün ise zayıf (görüş değerleri küçük) olmaktadır. Güneş Sistemi üyeleri amonyak, amonyum hidrosülfat, argon, azot, hidrojen, metalik hidrojen, helyum, karbondioksit, karbonmonoksit, metan, oksijen, su, su buharı vb. içermektedir (Bless 1996). Güneş Sistemi üyelerinde hidrojen, oksijen ve bunların dışındaki elementlerin bulunması, nova kabuklarına benzer bir avantajı da beraberinde getirmektedir. Novalara uygulanan genişleme paralaksı metodu, yani nokta kaynaktan yaygın kaynağa geçiş, neden Güneş Sistemi üyelerini araştırmada farklı yaklaşımlı bir yöntem olarak kullanılmasın? Yıldızlar çok uzak ve nokta kaynaklardır ancak Güneş Sistemi üyeleri CCD görüntüsüne girmişlerse yakın mesafelerinden dolayı yıldızlara göre "disk" gibi yaygın kaynak görünümde olmalıdırlar.

Novaların patlamalarından sonraki yıllar içerisinde uzaya atılan kabukları nokta kaynaktan yaygın kaynağa dönüştüğünden genişleme paralaksı yöntemi ile açısal büyüklükleri ölçülebilmekte ve sonrasında uzaklıkları da hesaplanabilmektedir (Cohen 1985). Dolayısıyla, nebular genişleme paralaksı, genişleyen kabuğun verdiği avantaj ile bir novanın uzaklığının ölçülmesinde güvenilir metot olarak kabul edilir. Nova kabukları için uygulanan bu genişleme paralaksı yöntemi bu araştırmada Güneş Sistemi üyeleri için önerilmektedir.

RTT150 teleskobu ve donanımı görüntüleme ve dar bant filtreleri (O III, Hα ve S II) ile nova zarfları araştırmasına olanak vermektedir. RTT-150 teleskobuna verilen gözlem projesi (Esenoğlu 2022) ile 5-10 yıl öncesinde patlama geçiren novalar seçilmiştir. Beyaz cüce üzerinde bir kabuk oluştuğunda ve yeterince yaygınlaştığında genişleme paralaksı yöntemi ile nova kabuğunun açısal büyüklüğü ölçülebilecektir (Esenoglu ve diğ. 2000, ayrıntılar için: Esenoglu 2015). Benzer şekilde, Güneş Sisteminin "disk" görünümlü yaygın kaynaklarını da bu yönteme dahil etmek mümkün olabilecektir. CCD görüntülerinde yıldızımsı noktaları veya yaygın kaynakları "yakın" (AB; Güneş Sistemi ölçekli), "uzak" (parsek; Samanyolu ölçekli) ve "çok uzak" (z-kırmızıya kayma; Samanyolu dışında ve teleskobun parlaklık sınırlarında) yaklaşımı için görüş (veya PSF) ölçümü bir yöntem olabilir.

Atmosfer kalitesini, teleskopların odak ayarını, novaların uzaklığı için genişleme paralaksını belirlemede sık kullanılan görüş şimdi bu araştırmada özellikle yakın Güneş Sistemi üyelerinin ayrıntılı araştırmasında dar bant görüntülerinde kullanmaktayız. Burada belirtilen CCD görüntüsündeki belki üç katmanlı yapıyı (yani Güneş Sistemi, Samanyolu ve dışındakiler) söz konusu nokta ve yaygın kaynak olarak "yakın – uzak – çok uzak" yaklaşımına örnek bir görüş ölçümü Şekil 4'te verilmiştir. Nokta kaynak saçılması ile görüş ölçümü şekilde görüldüğü gibi görüntüye giren kaynakları üç farklı gruba ayırmıştır. PSF ölçümleri yaklaşık 1-4 piksel dar aralıkta en küçük olanlar kozmik ışınlar (solda kırmızı elips içinde), yaklaşık 4-11 piksel geniş bir aralığa yayılmış ve çoğunlukta olanlar nokta kaynak yıldızlar (ortada kırmızı elips içinde) ve nihayet içlerinde Güneş Sistemi üyelerini barındırma potansiyeli olan ve yöntemin de başarısı olan aranan yaygın kaynaklar yaklaşık 15-17 piksel dar bir aralıkta (sağda kırmızı elips içinde) yer almıştır. Renkler ve şekiller farklı dar bantları (O III λ=500.7 nm, FWHM 5.6 nm; Hα2 λ=656.39 nm, FWHM 2 nm; Hα5 λ=656.92 nm, FWHM 5 nm; S II λ=674.98 nm, FWHM 6.4 nm) belirtmektedir. Veriler, 21 Ekim 2023 tarihinde Türkiye Ulusal Gözlemevleri TUG RTT150 teleskobu ile 1800 saniye pozla alınmıştır (RA=06:28:06, DEC=+18:59:56). Her filitrede atmosferik ölçümü yapılan kaynakların sayısı da belirtilmiştir. Tüm bantlarda toplam 1785 adet PSF ölçümü kullanılmıştır. Mavi daireler PSF ölçümlerinin göreceli büyüklüklerini belirtmektedir. Türkiye Ulusal Gözlemevlerinin TUG yerleşkesinde T60 teleskobu gecelik ortalama görüş ölçümlerini halka açık olarak paylaşmaktadır. Buna göre, Şekil 4'te kullanılan gözlem verilerinin aynı tarihli 367 noktadan



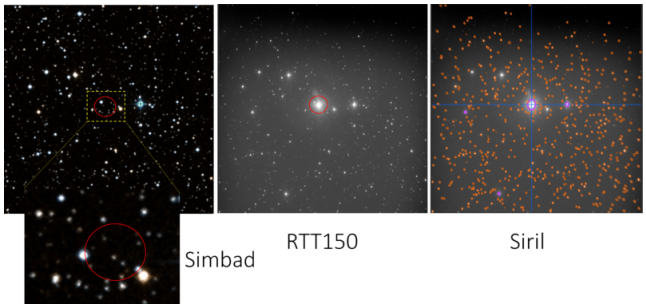
Şekil 4. Görüş (PSF) ölçümleri. Kozmik ışınlar (görece en küçük mavi daire), nokta (görece küçük mavi daire) ve yaygın (görece büyük mavi daire) kaynaklar kırmızı elips ile gösterilmiştir. Ortadaki iki siyah düşey çizgi aralığı nokta kaynakların ağırlıklı olduğu bölgeyi belirtir. Kullanılan `Siril` programı, dinamik PSF ölçümlerini yatay ve düşey eksenlerde piksel olarak vermektedir.

alınmış gecelik ortalama görüş 2.11″ (veya 6.7 piksel)'dir. Yatay ve düşey eksenlerde piksel biriminde kaynakların görüntü çaplarını veren yarı yükseklikteki tam genişlik (FWHM) ölçüm değerleridir. Bu değerlerin, RTT150'nin odak düzlemindeki TFOSC'ta Andor CCD kameranın piksel ölçeği 0.33″ piksel^{-1} ile çarpımından görüş hesaplanır. görüş ölçümlerinde `Siril` görüntü işleme aracı kullanılmıştır (sürüm: 1.2.3).

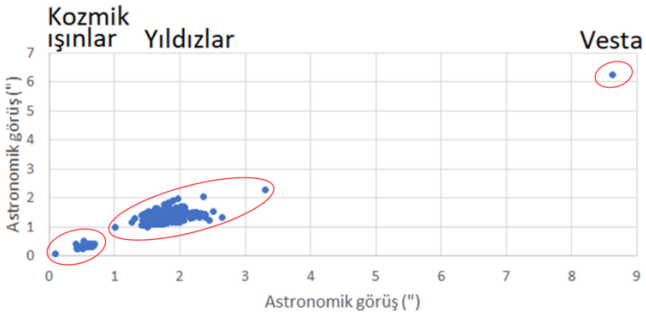
Şekil 4'teki grafiğin en sağında "aranan yaygın kaynaklar" bölgesinde bulunanların içerisinde Vesta (RA=06:28:06, DEC=+18:59:56) küçük gezegeni de yer almaktadır. Şekil 5'de Vesta'nın Simbad gök atlası ile karşılaştırılması verilmiştir. Şekilde CCD çerçevesine `Siril` programı uygulanarak PSF ölçümü için 604 adet seçilmiş kaynak daire içerisinde alınmış görüntüsü (sağda), orijinali (ortada, RTT150 ile alınan) ve SIMBAD gök atlası (solda) ile birlikte verilmiştir. Vesta küçük gezegeni de işaretlenmiştir.

Şekil 6'da da Şekil 4'ün sadece Hα5 (λ=656.92 nm, FWHM 5 nm) görüntüsündeki kaynakların görüş grafiği çizdirilmiştir. Şekil 6'da 604 kaynağın kozmik ışınlar (solda ve sayıları az olan en küçük PSF ölçümlüler), gökadamızdan ve varsa dışından (ortada ve en kalabalık grup olan nispeten büyük PSF ölçümlüler) ve Güneş Sistemimize ait kaynaklar (sağda ve en az sayıda fakat en büyük PSF ölçümlüler) gruplanmış olarak görülmektedir. Yakınlığından dolayı en büyük görüşlü yaygın cisim Vesta diğerlerinden çok belirgin şekilde (>8″) bölgeden ayrılmıştır. Benzer şekilde, en küçük görüşlü nokta kaynak kozmik ışınlar da tam tersi en uzak (<1″) bölgede yer almıştır.

Hem Şekil 4 hem de Şekil 6'da RTT150 teleskobu ile yapılan dar bantlı (2-6.4 nm) gözlemlerde, Vesta küçük gezegeni için bu yöntem uygulanmış olup yıldızlar ve Vesta ayırt edilebilmiştir. "görüş" parametresiyle noktasal ve yaygın kaynaklar arasında ayrım sağlanır. Küçük görüş değerleri (nokta kaynaklarını gösterir) Galaksimiz içindeki yıldız nesnelerine karşılık gelirken, büyük görüş değerleri (yaygın kaynakları gösterir) Güneş Sistemimiz içindeki nesneleri tanımlayacaktır. Bu yöntem aynı zamanda kozmik ışınları diğer kaynaklardan etkili bir şekilde ayırmıştır. (bkz. Şekil 4). Benzer şekilde,



Şekil 5. Hα görüntüsünde (ortada ve sağda) görüşü belirlenen kaynaklar. Daire içindeki küçük gezegen Vesta'dır ve Simbad görüntüsünde (solda) görülmemektedir.



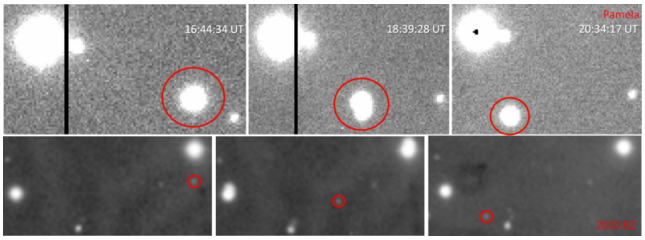
Şekil 6. Vesta küçük gezegenin dar bant görüş ölçümleri.

nokta kaynaklar ve geniş kaynaklar da birbirlerinden açık farkla ayrılmıştır. Dolayısıyla, PSF'nin, nesneleri nokta veya yaygın kaynak olup olmadıklarını ayırt edebilen bir yöntem olduğu en azından Vesta asteroidi üzerinden teyit edilmiştir.

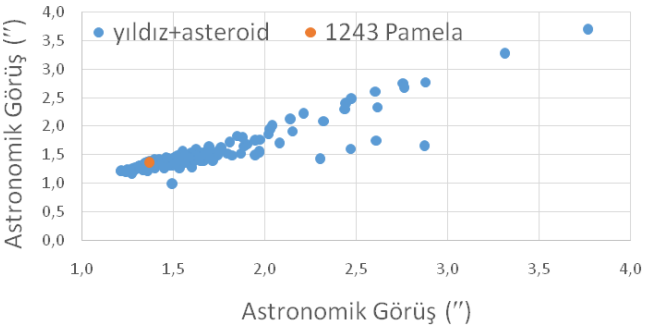
Asteroit kataloglarında henüz yer almayan Güneş Sistemi üyeleri ile birlikte, simülasyonlarca var olduğu öne sürülen henüz keşfedilememiş gezegen(ler)in varlığı (Batygin ve diğ. 2016; Lykawka 2023) ve Güneş Sistemimizin henüz bilinmeyen ya da sayısı az miktarda olan farklı tür kaynaklar/ilginç nesneler (de la Fuente Marcos ve diğ. 2025) Yöntem-1 kullanılarak arşiv verileri dahil yeni gözlemlerle araştırılması sürdürülmektedir. Güneş Sistemi disk bölgesi ulusal teleskoplarımızla taranarak (Özkan 2024), geleneksel yöntemlerle yüzeyselde bulunamayanları önerdiğimiz Yöntem-1 ile ayrıntıda arayarak henüz keşfedilememişleri ortaya çıkartmak olasılıklı görülmektedir. Yöntem-1 ile ilk kez nova türü yıldızlara uygulanan genişleme paralaksı yöntemini Güneş Sistemi üyelerine de uygulanabildiği gösterilmiştir. Yöntem-1 ayrıca, atmosferli veya yaygın kaynak Güneş Sistemi üyeleri dışında cüce galaksileri, gezegenimsi bulutsuları ve henüz belirlenmemiş nova kabuklarını da ortaya çıkartabileceği öngörülmektedir.

2.2 Filtresiz Veriler İçin Parlaklık (Yöntem-2) ve Dairesellik (Yöntem-3)

Eğer elimizde genişleme paralaksı için dar bant gözlemleri yoksa yine PSF ölçümleri üzerinden ama bu sefer nokta veya yaygın kaynak ile birlikte astrofiziksel şartlar belirleyici olacaktır. Bu konuda Türkoğlu (2017), Gaia14aat nesnesinin (RA=03:31:04.44, DEC=+17:25:40.22) 23 Ocak 2017 tarihli 77 adet TUG T100 arşiv görüntülerinde (Esenoğlu 2015)



Şekil 7. 23 Ocak 2017 tarihli Gaia14aat nesnesinin yer aldığı arşiv görüntüsünde Pamela (üstte) ve 2000 RZ (altta) asteroidinin 3.5 saat süresince yer değiştirmesi.

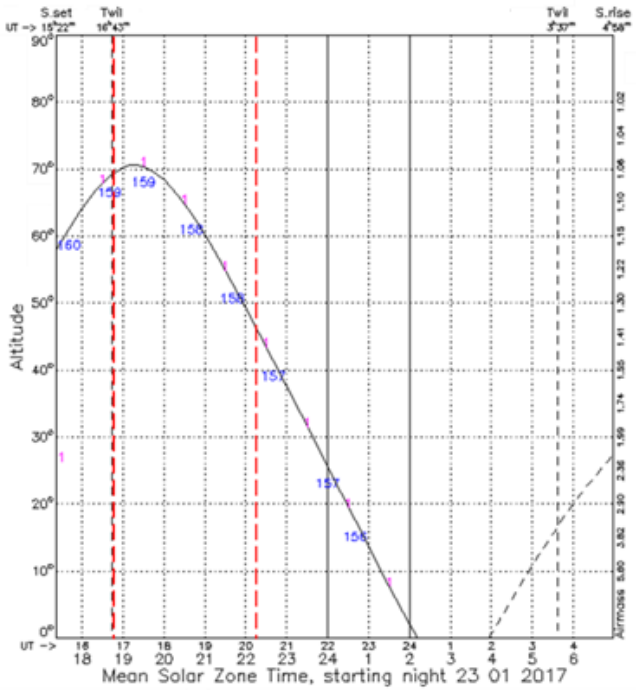


Şekil 8. Asteroit Pamela'nın filtresiz görüş ölçümleri.

biri parlak (1243 numaralı Pamela, RA=03:31:10.0931, DEC=+17:22:22.934, sınıfı MB>dış asteroid, M_v=15.1 kadir ve uzaklığı 560 AB), diğeri sönük (45835 numaralı 2000 RZ, RA=03:31:31.7335, DEC=+17:29:26.921, sınıfı MB>iç asteroid, M_v=19.4 kadir ve uzaklığı 235 AB) iki katalog asterodi belirlemiştir. Burada, T100 arşiv görüntüsü ile asteroid kataloğu karşılaştırması yöntemi kullanılmıştır. Biri parlak (Pamela) ve diğeri sönük (2000 RZ) iki asteroidin toplamda 3.5 saat gözlem sonucunda filtresiz elde edilmiş 77 adet görüntüden başlangıçtaki (16:44:34, solda), ortasındaki (18:39:28, ortada) ve sonundaki (20:34:17, sağda) örnek görüntüler Şekil 7'de verilmiştir. Görüntülerde yer değiştiren Pamela (üstte) ve 2000 RZ (altta) asterodi kırmızı yuvarlak içinde belirtilmiştir. Sönük 2000 RZ asterodinin PSF ölçümleri `Siril` programı ile mümkün olamamıştır. Bu yüzden, Yöntem-2 ve 3 parlak Pamela asterodi üzerinden geliştirilmiştir.

Bu T100 arşiv gözlemleri, Yöntem-1'de (bkz. Şekil 4 ve 6) Vesta'daki dar bant ile değil filtresiz (daraltılmamış olarak) alındığından ölçüm grafiğinde (Şekil 8) Pamela asteroidi (turuncu renkli) yaygın kaynak yerine yıldızlar gibi nokta kaynak (<1.5″) şeklinde davranmıştır. Şekil 8, Şekil 4 ve 6 ile birlikte, PSF ölçümlerinin filtre genişliklerine doğrudan bağlılığı ve Güneş Sistemi üyelerinin dar bant ile yaygın kaynak olarak ayrılabileceğini teyit etmiştir. Bu yüzden, filtresiz arşiv verilerinde genişleme paralaksı yerine karşılaştırma ve yer değiştirme gibi geleneksel metotlara ek olarak, "parlaklık" ve "dairesellik" değişimleri gibi astrofizik ve gök mekaniği yöntemleri kullanılacaktır.

Yeni yöntem geliştirme amacıyla, yukarıda verilen 77 adet T100 arşiv görüntüsünde Pamela asteroidinin yıldızlara göre parlaklığının (M_v, Yöntem-2) ve daireselliğinin (r, Yöntem-3) değişimi (yani şekil değiştirmesi), görüşün davranışı acaba dönme, ötelenme, Güneş ışığını yansıtma ve atmosferin tepkisi



Şekil 9. İki yıldız ve Pamela asteroidini içeren Gaia14aat kaynağının 23 Ocak 2017 tarihindeki görülebilirlik grafiği. Saat 16:44-20:14 (UT) gözlem aralığı da grafik üzerinde kırmızı kesikli düşey çizgi ile belirtilmiştir (Alıntı: ing.iac.es).

gibi astrofizik ve gök mekaniği parametrelerine bağlılığından olabilir mi? Asteroid Pamela ve yıldızların parlaklığını (M_v, Yöntem-2) `Siril` programı hesaplamaktadır. Asteroid Pamela'yı karşılaştıracağımız iki yıldız, 77 görüntüden ilkinde tam daire (Yöntem-3) olan (r=FWHM$_x$/FWHM$_y$=1, ya da r=FWHM$_y$/FWHM$_x$=1, ya da PSF=1; mukayese ve denet standart yıldızlara benzer) şekilde seçildi. Kullanılan T100 arşiv verilerinin teknik özelliği olarak da, gözlem süresince teleskobun zenite yakın bir yerden başladığını ve gözlem bitiminde zenitten yaklaşık 23° kadar uzaklaştığını gösteren görülebilirlik grafiği Şekil 9'da verilmiştir. Ay'dan da yeterince uzak (159°) olduğu görülmektedir. Bu şartlar altında, her iki parametre (parlaklık ve dairesellik) için iki yöntemin geliştirilmesi aşağıda ayrıntılı verilmiştir.

2.2.1 *Yöntem-2 (Parlaklık) Hipotezi*

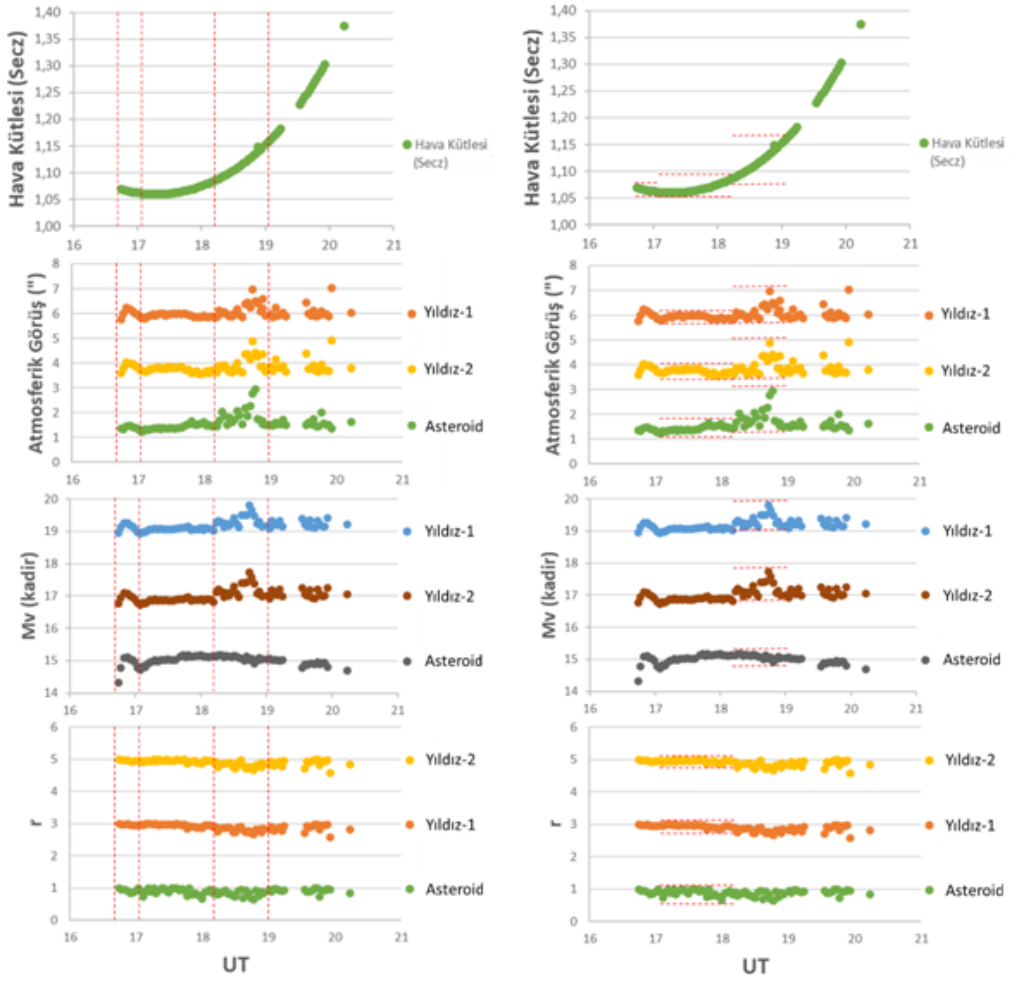
Yöntem-2'de beklentimiz (H1 hipotezi), görüşün olumsuz olduğu gözlem zamanlarında, disk görünümlü yakın mesafedeki asteroit Pamela'nın parlaklığının, çok uzakta nokta kaynak iki yıldızın parlaklığına göre değişmemesidir.

2.2.2 *Yöntem-3 (Dairesellik) Hipotezi*

Yöntem-3 için beklentimiz (H1 hipotezi), 3.5 saat boyunca görüşün özellikle olumlu veya olumsuz gözlem zamanlarında, asteroit Pamela'nın küresel olmayan daireselliğinin, iki yıldızın küresel plazma daireselliğine göre değişmesidir.

2.2.3 *Yöntem-2 ve Yöntem-3'ün Sınanması*

Parlaklık ve dairesellik temelli hipotezlerin sınanması için Şekil 10 çizdirilmiştir. Buna göre, şekilde karşılaştırma amacıyla dört adet alt alta grafikten en yukarıda ve bir aşağısında sırasıyla



Şekil 10. İki yıldız (Yıldız-1 ve Yıldız-2) ve asteroitin (Pamela'nın) filtresiz PSF ölçümleri. Grafiklerin düşey eksenlerinde yukarından aşağıya sırasıyla, hava kütlesi (secz), görüş ($''$), parlaklık (M_v kadir, Yöntem-2 için) ve dairesellik (r, Yöntem-3 için) değerleri verilmiştir.

hava kütlesi ve atmosferik görüş grafikleri verilmiştir. Bu iki grafiğin bilgisi altında yukarıdan aşağıya doğru parlaklık (M_v, Yöntem-2 için) ve dairesellik (r, Yöntem-3 için) yönünden iki yıldız (Yıldız-1 ve Yıldız-2) ve asteroit (Pamela) karşılaştırması için grafikler çizdirilmiştir. Aynı şartlarda karşılaştırma için de tüm grafiklerde yatay eksen UT olarak zamandır. Hava kütlesi dışındaki grafiklerde Yıldız-1 ve Yıldız-2'nin düşey eksenlerine eğrilerin üst üste çakışmaması için uygunluklarına göre 1, 2, 3 veya 4 rakamları eklenmiştir.

2.2.4 *Yöntem-2'nin Sınanması*

Şekil 10'a göre, iki yıldızın (Yıldız-1 ve Yıldız-2) ve asteroitin (Pamela'nın) parlaklıkları (M_v, Yöntem-2) karşılaştırıldığında, gözlemin başlangıcı olan yaklaşık akşam UT saat 17'den önce ve yaklaşık 18'den sonra ve 19'a kadar olan (kırmızı kesik düşey çizgilerin arasında kalan) aralıkta özellikle ikincisinde (UT yaklaşık 18-19 saatleri arasında) yıldızların parlaklığında büyük değişim gözükürken asteroidin parlaklığında aynı ölçüde değişmemiştir (bkz. Şekil 10'un sağdaki M_v grafiğinde). Oysa asteroidin görüşü yıldızlar kadar yüksek genlikli değiştiği görülmektedir (bkz. Şekil 10'un sağda görüş grafiğinde). Buna göre, "*görüşün olumsuz olduğu gözlem zamanlarında, disk görünümlü yakın mesafedeki asteroit Pamela'nın parlaklığının, çok uzakta nokta kaynak iki yıldızın parlaklığına göre değişmemesidir*" şeklindeki Yöntem-2 hipotezi beklenildiği gibi doğru çıkmıştır.

2.2.5 *Yöntem-2'nin Bilimsel Açıklaması*

Atmosferik görüşün kötü olması "doğal odak dışı" olarak nitelendirilirse bu durum, nokta kaynaklar (yıldızlar) ile disk görünümlü kaynakları (Güneş Sistemi üyelerini) ayırt edici bir yönteme götürür. Gözlem süresince Yer atmosferinin dinamik olması her an atmosferik görüşü değiştirir. Söz konusu UT yaklaşık 18-19 arasındaki saatlerde atmosferdeki hareketlilik görüşü de olumsuz etkilemiştir (bkz. Şekil 10'un sağ üstteki görüş grafiğinde). İki yıldızın ışıklarının böylesi çalkantılı atmosfer tarafından kırılmasına neden olmuştur ve bu da şekilde (Şekil 10'un sağ ortadaki M_v grafiğinde Yıldız-1 ve Yıldız-2) görüldüğü gibi parlaklığın genliğini değiştirmiştir. Atmosferin bu çalkantılı süresini de gözlem ölçümleri göstermektedir. Yoğunlukları ve sıcaklıkları değişen atmosfer katmanlarından geçen yıldız ışıkları sürekli olarak kırılır ve yön değiştirir. Bu dalgalanmalar, yıldızların yerlerini kısa süreliğine hafifçe değiştirir gibi görünmesine yol açar. Bu yüzden genel olarak yıldızların ışıkları, göz kırpar gibi titreşir. Asteroitin parlaklık değişimi ise aynı miktarda olmamıştır (bkz. Şekil 10'un sağ ortadaki M_v grafiğinde). Bunun nedeni, asterodin (genel olarak gezegenlerin) gökyüzünde görece daha geniş bir alanda, yani

bir "disk" şeklinde görülmesidir. Yıldızlar çok uzakta oldukları için bize tek bir noktadan ışık geliyor gibi görünürken, asteroit daha yakındır ve bu yüzden teleskobun odak düzlemindeki CCD kamerasına daha büyük bir alan üzerinden ışık gönderir. Atmosferdeki dalgalanmalar bu daha geniş "diske" yayıldığı için asteroitin parlaklık değişimi neredeyse yok denecek kadar az olmuştur.

Filtresiz arşiv görüntülerinde Pamela asteroidi yıldızlara göre "parlaklık" parametresi duyarlı davranmış olup ayırt edici bir yöntem olarak önerilebilecektir.

2.2.6 Yöntem-3'ün Sınanması

Şekil 10'a göre, iki yıldızın (Yıldız-1 ve Yıldız-2) ve asteroitin (Pamela'nın) daireselliklerı (r, Yöntem-3) karşılaştırıldığında, gözlem süresince ve özellikle görüşün olumlu olduğu kırmızı kesik düşey çizgilerin dışında kalan aralıkta (UT yaklaşık 17-18 saatleri arasında) yıldızların daireselliğinde (ortalama r=1'e yakın ve dar bir şerit içerisinde kalarak) değişim gözükmezken, asteroitin daireselliğinde az miktar da olsa (ortalama r=1'den büyük değerlerde ölçülmesi ve nispeten geniş bir aralıkta dağılmış) bir değişim fark edilmektedir (bkz. Şekil 10'un sağdaki r grafiğinde). Buna göre, "*3.5 saat boyunca görüşün özellikle olumlu veya olumsuz gözlem zamanlarında, asteroit Pamela'nın küresel olmayan daireselliğinin, iki yıldızın küresel plazma daireselliğine göre değişmesidir*" şeklindeki Yöntem-3 hipotezi de beklenildiği gibi doğru çıkmıştır.

2.2.7 Yöntem-3'ün Bilimsel Açıklaması

Asteroit Pamela'nın küresel olmayan, özellikle yıldızlara göre çok yakın mesafede disk görünümü ve yüzey yansıtıcılığı (Güneş ışığını yansıtması) ile gözlem süresince atmosferin dinamik etkilerini küresel şekilli nokta kaynak yıldızlara göre daha az sönümlendirmiştir.

Filtresiz arşiv görüntülerinde Pamela asteroiti yıldızlara göre "dairesellik" parametresi de duyarlı davranmış olup ayırt edici bir yöntem olarak önerilebilecektir.

3 Sonuçlar

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar ve geliştirilen yöntemlerin uygulanabileceği veri kaynakları aşağıda listelenmiştir:

a. Astrofiziğin geniş bir yelpazesinde oluşturulmuş halka açık veri arşivlerinde yer alan görüntülerin içinden ekliptik düzelemini içerenlerin belirlenmesinin "veri madenciliği" yönünden kullanışlı olabileceği gösterilmiştir.
b. RTT150 dar bant verilerinin "görüş" (Yöntem-1) yönünden yıldız ile asteroit veya genel anlamda Güneş Sistemi üyesi karşılaştırıldığında ayırt edici bir yöntem olarak kullanılabileceği gösterilmiştir. Esenoğlu (2022) ve Özkan (2024) gözlem projelerinde Yöntem-1 uygulanabilecektir.
c. T100 teleskobu ile 23 Ocak 2017 tarihinde Gaia14aat nesnesi için alınmış filtresiz arşiv görüntülerinde Pamela asteroiti yıldızlara göre "parlaklık" (Yöntem-2) ve "dairesellik" (Yöntem-3) parametrelerine duyarlı davranmış olup ayırt edici iki yöntem geliştirmiştir. Olumsuz görüş şartlarında (veya odak dışı teknik kullanımında) Yöntem-2 daha iyi sonuç verirken olumlu şartlarda Yöntem-3 en iyi sonuç vermektedir. İST60 ile birlikte 11CT100-231, 15CT100-915, 17AT100-1174, 21AT100-1799, 10BRTT150-29, 15ARTT150-734, 16ARTT150-949, 22BRTT150-1974, 24ARTT150-2128 numaralı ve devam eden gözlem projelerinde Yöntem-1 ve Yöntem-2 uygulanabilecektir.

Önerdiğimiz yöntemler, Vera C. Rubin Gözlemevi teleskobu keşfetmeden önce Güneş Sistemine ait yeni bir nesnenin keşfedilmesi olasılığını sıfırdan farklı kılabilir.

Vera C. Rubin (LSST) Gözlemevinin 2026'da ve sonrasında keşfedeceği milyonlarca Güneş Sistemi disk bölgesi üyeleri içerisinde, bu araştırma ile belirlenen veriler içinde de olabilecektir ve belki keşif/teyit için de kullanılabilecektir. Dünya benzeri yörüngelerdeki 2024 PT_5 gibi küçük cisimleri yani "Arjunas kuşağı" nesnelerini Rubin teleskobu da bulacaktır. Bunların geçici olayları Yer'e yakın olması parlaklık avantajı sağlayacağından T100 ve T60 arşiv verilerinde bulma olasılığını güçlendirebilir. Güneş Sistemi disk bölgesini içeren özellikle RTT150 ve T100 arşiv verilerinde hareketli ve "disk" görünümlü yaygın nesne aramalarımız ve bu çalışma ile önerilen üç yöntemin uygulanabilirliği çalışmalarımız devam ettirilecektir. Ayrıca, nova, cüce galaksi, gezegenimsi bulutsu gibi Samanyolu'na ait veya dışındakiler de tespit edilebilecektir. Bununla birlikte, görüntülerin çok detaylı incelenmesi zaman almaktadır.

Teşekkür

Bu çalışmada, Türkiye Ulusal Gözlemevleri bünyesinde, TUG (TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, Antalya) Yerleşkesi'ndeki RTT150 ve TUG100 Teleskopları ile TFOSC ve diğer sistemleri kullanılarak yürütülen 11CT100-231, 15CT100-915, 17AT100-1174, 21AT100-1799, 10BRTT150-29, 15ARTT150-734, 16ARTT150-949, 22BRTT150-1974 ve 24ARTT150-2128 numaralı proje kapsamında elde edilen gözlem ve arşiv verileri kullanılmış olup, değerli katkılarından dolayı Türkiye Ulusal Gözlemevleri'ne, gözlem ekibine ve tüm çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız. Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından FBA-2020-36956 numaralı proje ile desteklenmiştir. Bu çalışmayı iyi seviyeye yükselten önerilerinden dolayı TJAA hakemlerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Batygin, K., Brown, M.E., AJ **151** (2016) 22–34
Bless, R.C., Discovering Cosmos, University Science Books (1996)
Burbine, T.H., Asteroids, Cambridge University Press, ISBN 9781316156582 (2017)
Cohen, J.G., ApJ **292** (1985) 90–103
Division for Planetary Sciences. 2024, LSST Solar System Predictions and Analysis Software AAS Journals Focus Issues, DPS Newsletter, Issue 24-22, Item 1.
Esenoglu, H.H., Saygac A.T., Bianchini A., Retter A., Ozkan M.T., Altan M., AA **364** (2000) 191–198
Esenoglu, H.H., Workshop on Mechanisms of Cataclysmic Variable (Ed. M.Altan), Anadolu Ü. Yayınları No:3170 ve Fen Fakültesi Yayınları no:38, ISBN:978-975-06-1797-3 (2015)
Esenoğlu, H. H.. 2015, GAIA nesnelerinden kataklismik degisenlerin zaman çözümlü gözlemleri, Proje No. 15CT100-915, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi.
Esenoğlu, H. H., & Kaplan, M. 2020, Turkish In-kind Contributions to the Vera C. Rubin Observatory Legacy Survey of Space and Time (Proposal submitted via TÜBİTAK).
Esenoğlu, H. H.. 2022, Genişleme Paralaksı ile Nova Zarfları Araştırması, Proje No. 22BRTT150-1974, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi.
de la Fuente Marcos R., de León J., Serra-Ricart M., de la Fuente

Marcos C., Alarcon M. R., Licandro J., Geier S., et al., 2025, A&A, 694, L5. doi:10.1051/0004-6361/202452713

Lykawka, P.S., AJ **166** (2023) 118–138

Özkan, M. T.. 2024, Farklı Yöntemlerle Güneş Sistemi Üyelerinin Araştırması, Proje No. 24ARTT150-2128, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi.

Thomas, E.M., Melin, H., Stallard, T.S., Chowdhury, M.N., Wang, R., Knowles, K., Miller, S., Nature Astronomy **7** (2023) 1473–1480

Latife Fatıma Türkoğlu. 2017. Lisans öğrencisi, gönüllü gözlemci kaydı: Gaia14aat nesnesinin gözlemi, 23 Ocak 2017.

Access:

M25-0348: Turkish J.A&A — Vol.6, Issue 3.