

# Arşiv Verilerinde Güneş Sistemi Nesnelere Araştırması

Esenoğlu°, H.H., Ökten°, A., Özkan°, M.T., Özcan°°, A., Şanlı°°, A.

° İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

°° Milli Savunma Üniversitesi, Atatürk Stratejik Araştırmalar Enstitüsü

# Öz

Türkiye Ulusal Gözlemevleri'nin TUG RTT150 ve T100 teleskopları ile alınmış verilerin içinden tutulma düzlemi yakınlığında Güneş Sistemine ait olası nesnelere içerebilecek potansiyel olanları belirlenmektedir. Buradaki motivasyon, teleskopların çevrildiği uzay alanlarında astrofizik çalışmalara ek olarak Güneş sisteminin de araştırılmasına yönlendirmektedir. Görüntülerin sönüklük sınırları ve süzgeçli veya değil durumlarına göre Güneş Sistemi üyelerini araştırma yöntemleri uygulanmaktadır.

Bu araştırmada, RTT150 ve T100 verilerinden potansiyel içerikli örneklerin bulunması aşaması verilmiştir. Buna göre, 8 adet kaynağın tutulma düzleminde yer aldıkları tespit edilmiştir.

# Özet

Uzak Kuiper Kuşağı nesnelerin yörüngeleri dış Güneş Sisteminde henüz keşfedilmemiş 250-500 AB uzaklığında ve 1.5-10 Yer kütleli bir gezegeni işaret etmektedir (Batygin 2016 ve 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.

Bu aday gezegenin varlığı ile birlikte asteroitler ve diğer Güneş Sistemi nesnelere, farklı yöntemler kullanılarak arşiv verileri ve yeni gözlemlerle araştırılması sürdürülmektedir.

# Giriş

Teleskoplar tüm gökküresine yönelmişlerdir. Bunlar içerisinde tutulma düzlemi bölgesine bakanların bir avantajı, Güneş Sistemi diski içerisinde 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 olduğunu da hesaba katarsak bunların CCD çerçevesine girme olasılığı iyice düşecektir.

Yakın zamanda arşiv görüntülerinden Uranüs'teki kızılötesi aurora ilk kez doğrulanmıştır (Thomas ve ark. 2023). Batygin (2016), eğer yeni bir gezegen günberi noktasına yakınsa arşiv görüntülerinden gezegenin tespit edilebilmesi gerektiğini söylüyor. Yörüngesinin en uzak kısmındaysa, onu görmek için dünyanın en büyük teleskoplarına ihtiyaç duyulacaktır. Bununla birlikte, yeni yani simülasyonların öngördüğü dokuzuncu gezegen şu anda arada bir yerde bulunuyorsa, birçok teleskopun onu bulma şansı vardır.

Ancak, söz konusu gezegenin olabileceği düşünülen bölgelerin %78'i Pan-STARRS verilerinden araştırıldığı halde henüz keşfedilememiştir (Batygin 2016 ve Lykawka 2023).

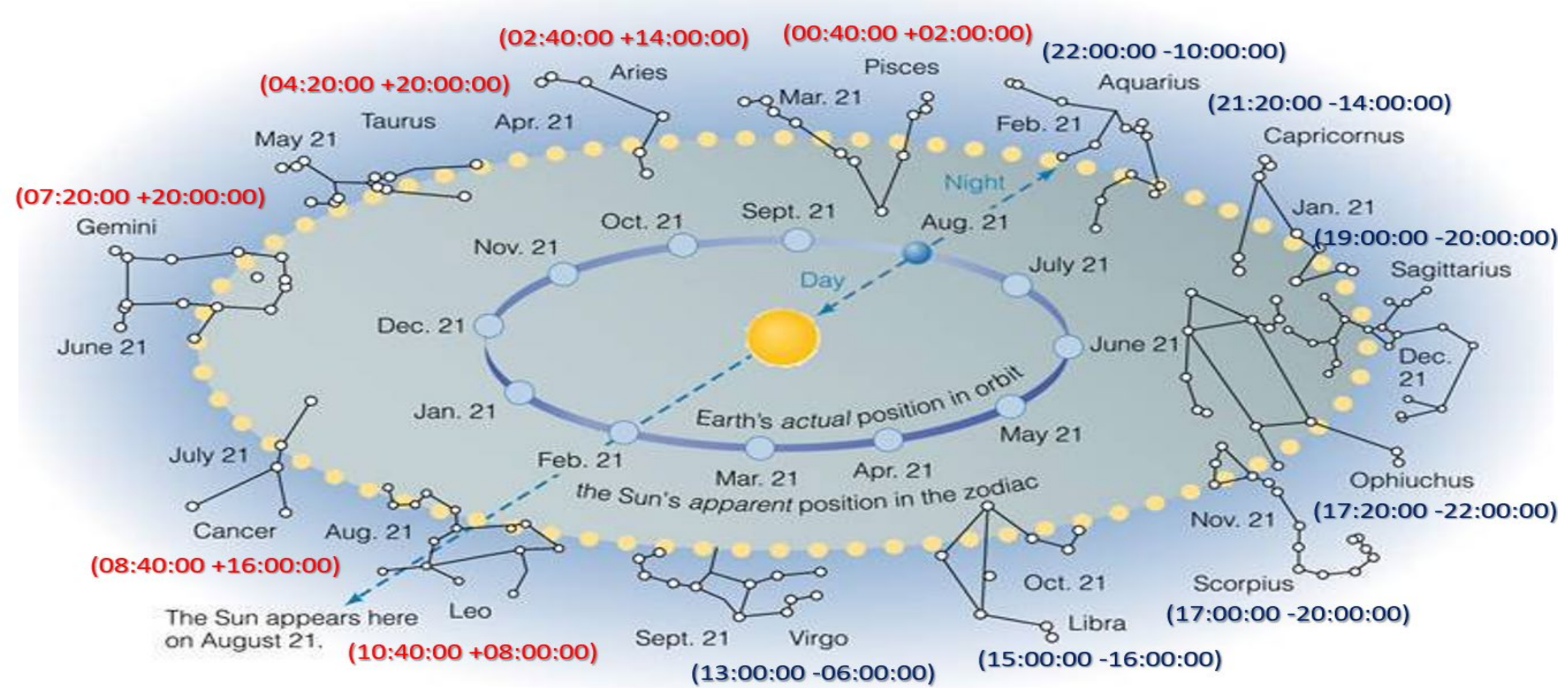
Bilindiği gibi, ( $B-V$ ) renk ölçeği yıldızların yüzey sıcaklıklarının bir ölçüsüdür; renk ölçeği pozitif olanlar soğuk (**kırmızı**) ve negatif olanlar da sıcak (**mavi**) yıldızları belirtir.



Bize yakın Güneş sistemi üyelerinde de bu durum benzer olmalıdır; Güneş'e bakan yüzeyleri çok sıcak, Güneş görmeyen arka kısımları ise çok soğuk olmalıdır ki soğuk olanlar daha **kırmızı** (renk ölçekleri pozitif, çok saçılmış demek) ve sıcak olanların da daha **mavi** (renk ölçekleri negatif, yine çok saçılmış) görünümde olurlar. Bugüne kadar daha hala bulunamamış Güneş Sistemi üyelerinin keşfine farklı yaklaşım yöntemleri yeni bir pencere açabilir. Ayrıca, ötegezegenlerden gelmeye devam eden bilgiler de bu yaklaşıma katkı verecektir. Söz konusu yaklaşımlar yöntemler bölümünde verilmiştir.

# Yöntemler

TUG RTT150, T100 ve T60 gözlem projelerimizin verilerine bakılması sürdürülmektedir. Buna göre, yıl boyunca  $(10^\circ \times 360^\circ)^2$  'lik bir alanı kaplayan şerit içerisinde kalacak şekilde yönelimi ekliptik civarında olan gözlem verileri tespit edilmektedir. [Şekil 1](#)'de Güneş Sistemi diskini tasvir eden tutulma düzlemi ve yaklaşık  $10^\circ$  kalınlıklı olarak alınan Zodyak kuşağı ve takım yıldızları göksel koordinatları ile birlikte çizdirilmiştir.

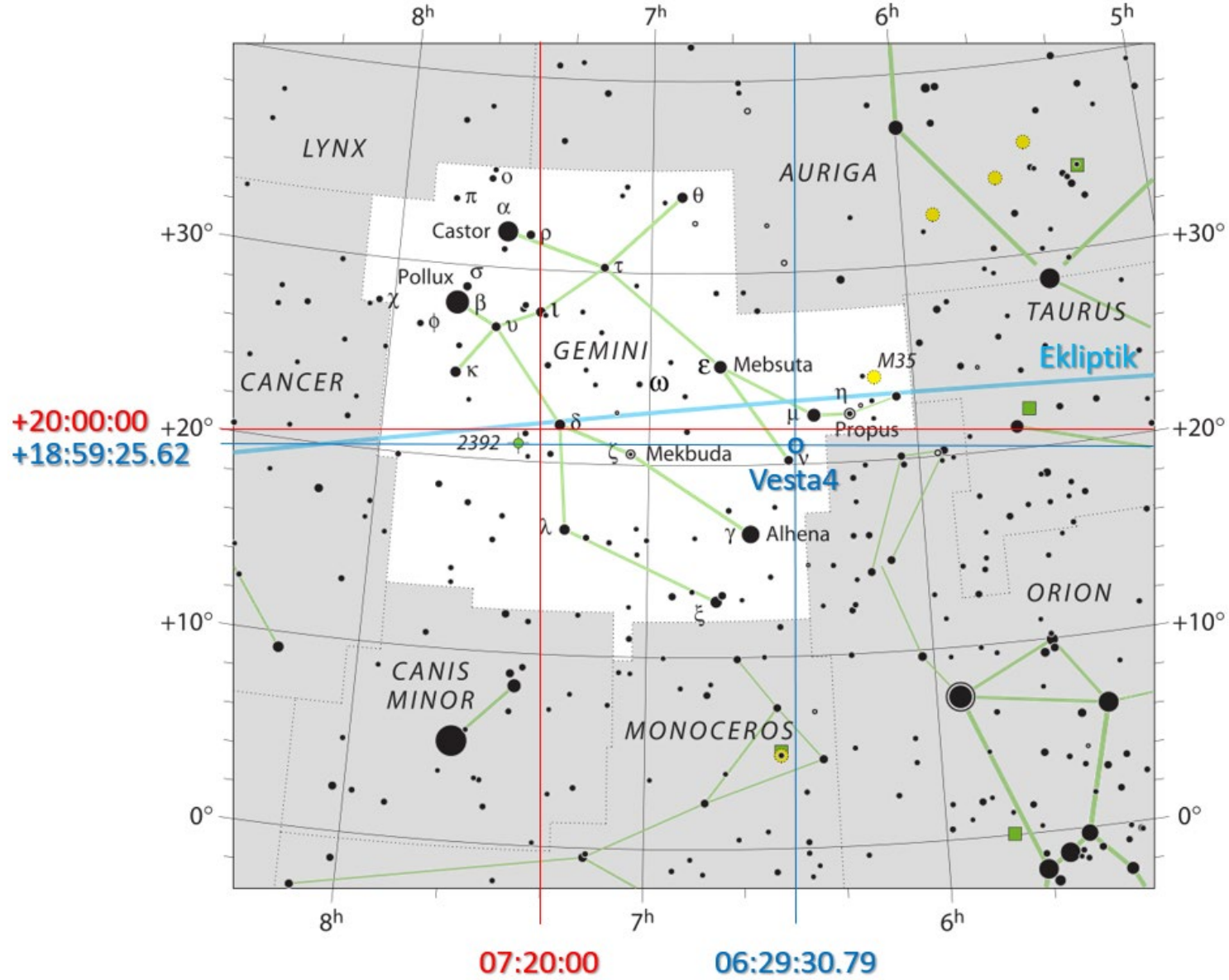


Şekil 1. Zodyak kuşağı takım yıldızları göksel koordinatlarının (RA, hhmmss ve Dec, ±ddmmss) tutulma düzlemi boyunca bir yıla dağılımı.

Bu çalışmada Güneş sistemi üyelerinin bulunduğu göksel koordinatlar belirlenmiştir. İkizler takım yıldızı ve Vesta4 küçük gezegenin de üzerinde yer aldığı örnek bir gök atlası [Şekil 2](#)'de verilmiştir. Yıl boyunca ekliptiğin diğer koordinatları da benzer şekilde Zodyak takım yıldızlarından alınmıştır.

RTT150'nin  $11.1' \times 11.1'$  'lık görüntüleme alanı dikkate alındığında, tutulma düzlemi bölgesinde yüz binin üzerinde görüntüye ihtiyaç olduğu çıkmaktadır.





Şekil 2. Üzerinden ekliptik geçen Zodyak takım yıldızlarından İvizler takım yıldızı gök atlası. Vesta4'ün yeri de belirtilmiştir.

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 (OIII, H $\alpha$  ve SII) ile olunca bu sefer 1800s poz vermek gerekecektir. Bu da süreyi bir yıldan 6 yıla çıkaracaktır.

Farklı tarihlerde alınmış fotometrik görüntülerden sabit yıldızlara göre yer değiştirme, kataloglar ile karşılaştırma ve astronomik görüş (seeing) gibi yöntemlerle Güneş Sistemi nesnelere olup olmadığına bakılması

Dar bantlı filtreler (20-64 Å) kullanılarak, astronomik görüş yoluyla noktasal ve yaygın kaynaklar arasındaki ayırım sağlanır.

Küçük astronomik görüş değerleri (nokta kaynaklarını gösterir) Galaksimiz içindeki yıldız nesnelere karşılık gelirken, büyük görüş değerleri (yaygın kaynakları gösterir) Güneş Sistemimiz içindeki nesnelere tanımlayacaktır. Bu yöntem aynı zamanda kozmik ışınları diğer kaynaklardan etkili bir şekilde ayırıyor.

Bu şekilde Güneş Sistemimizin henüz bilinmeyen kaynaklarını, varsa atmosferik yapılarını ve detaylarını ortaya çıkaracağız. Bu kadar farklı bir nesnenin bulunma olasılığı düşük ama yine de mümkün.

Ayrıca, nova ve cüce galaksi gibi Samanyolu'na ait veya dışındakiler de tespit edilebilecektir. Örneğin, RTT150 verilerinde incelediğimiz bölgelerin bazılarında bilinen bir galaksiyi, Gaia DR3'ten dokuz soğuk yıldızı ve küçük gezegen Vesta'yı tespit ettik. Ancak görüntülerin çok detaylı incelenmesi zaman alıcıdır.



Bu araştırma, PSF (nokta saçılma fonksiyonu) ile nokta kaynakların yaygınlık ölçümleri yanında Güneş sistemi üyelerinin hareketli, yakın mesafeli, Güneş ışığını yansıtma gibi özellikleri farklı yöntemlerin de geliştirilmesine olanak vermiştir.

Genel olarak, alınacak görüntülerde arka zemin nesneleri sanal atlas (Simbad) ile Güneş sistemi üyeleri birbirlerinden konum bilgisi ile de ayrılabilme avantajı kullanılacaktır.

Arşiv verilerinin teknik özelliklerine göre aşağıda detaylı inceleme yöntemlerini ve olası olumlu sonuç bilgisi verilmiştir.

# Yöntem – I: Dar Bant Görüntüleri Araştırması

I.1. (öncelikli): Konum değişimi

Sonuç-1: Güneş Sistemi nesnesi

En uzun pozlu ve zaman aralıklı iki görüntüyü üst üste çakıştırarak en geniş büyütmede (her bir parlak nokta için) iki gözlemci tarafından ileri-geri döngüsünden hareketli olası Güneş Sistemi nesnelерinin tespiti. Eğer  $H\alpha$ 'nın 2 Å dar bantı sönüklük etkisi yaparsa bu durumda  $H\alpha$ 'nın 50 Å'luğu kullanılabilir.

I.2.1: Renk Ölçeği (Saçılması) SIFIRsa

Sonuç-2: Güneş Sistemi nesnesi

A0 yıldızı/cüce galaksi

En kısa pozlu (300s) ve zaman aralıklı (14m ve 27m) iki görüntüyü üst üste çalıştırarak en geniş büyütmede (her bir parlak nokta için) iki gözlemci tarafından ileri-geri döngüsünden renk **değişmemesi** durumunda Güneş Sistemi nesnelерinin olmadığının tespiti.

Parlak-sönük, sıcak-soğuk, mavi-kırmızı durumlarında:

(B -V ) gibi

$$(OIII-H\alpha5) \rightarrow (5007-6569.2) \quad \Delta\lambda=-1562 \text{ \AA}$$

$$(OIII-SII) \rightarrow (5007-6749.8) \quad \Delta\lambda=-1743 \text{ \AA}$$

$$(OIII-[H\alpha5+SII]) \rightarrow (5007-[6569.2+6749.8]) \quad \Delta\lambda=-1621 \text{ \AA}$$

Parlak-parlak, sıcak-sıcak, soğuk-soğuk, mavi-mavi, kırmızı-kırmızı durumlarında:

Renk ölçeği sıfırsa değişim yok demektir ki Güneş Sistemi dışındaki kaynakları (A0 yıldızını ve cüce galaksiyi) belirtir. Bununla birlikte, Güneş Sistemi üyelerinin de  $B-V=0.62$  olan Güneş ışığını yansıttığı da dikkate alınmalıdır.

1.2.2. (öncelikli): Renk Ölçeği (Saçılması) SIFIR değilse  
(Parlak-sönük, sıcak-soğuk, mavi-kırmızı durumlarında)

Sonuç-3: Güneş Sistemi nesnesi

Seçilen filtrelerle en kısa pozlu ve zaman aralıklı iki görüntüyü üst üste çalıştırarak en geniş büyütmede (her bir parlak nokta için) iki gözlemci tarafından ileri-geri döngüsünden büyük renk saçılması olanların Güneş Sistemi nesnelere potansiyelini belirtir.

Saçılmanın kaynağı uzaklıktır, ayrıca soğuk olanlar daha kırmızı ve daha çok saçılmış olur ki B-V rengi yıldızların yüzey sıcaklıklarının bir ölçüsüdür.



1.2.3: H $\alpha$  dar bant-50Å ve çok dar bant-20Å için FWHM (H $\alpha$ 5-H $\alpha$ 2) değişimi

Sonuç-4: Geçici olaylar (flare yıldızları vd.)

Çok dar banttaki (20Å) parlaklığı/görünürlüğü dar banttakinden (50Å) daha fazla olan kaynak parlama adayıdır.

$$(\text{H}\alpha 5 - \text{H}\alpha 2) \rightarrow (6569.2 - 6563.9) \quad \Delta\lambda = +5.3 \text{ \AA}$$

I.2.4. (öncelikli): Tüm filtrelerde uzun ve kısa poz için FWHM değişimi

Sonuç-5: Atmosferli Güneş Sistemi nesnesi

Cüce galaksi, nova

Uzun pozlu görüntülerde yaygın kaynakların kenar özellikleri (Güneş diski kenarındaki prominens gibi geçici olay benzeri), kısa pozlu görüntülerde yaygın kaynakların yüzey özellikleri (Güneş diski yüzeyindeki parlama gibi geçici olay benzeri) ortaya çıkabilir.

## Yöntem-I için Temel Bilgi:

SR ve Mira türü değişen yıldızlar için  $P-(B-V)$  renk bağıntısına göre, periyot değeri büyüdükçe, özellikle Mira tipi yıldızlar çok daha kırmızı görünmektedir ve  $(B-V)$  renginde saçılma çok daha fazladır ( $B-V$  rengi yıldızların yüzey sıcaklıklarının bir ölçüsüdür). Bu, etkin sıcaklığın bu tür yıldızlardaki aralığının da bir göstergesidir.

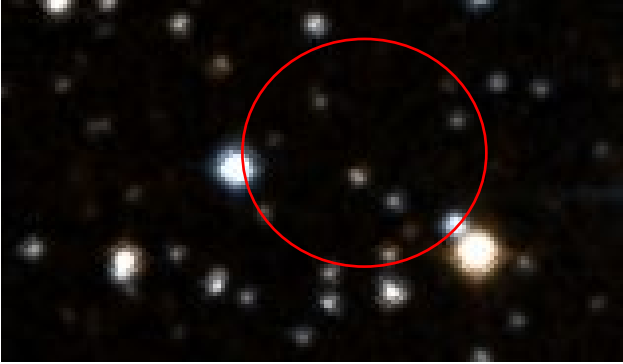
# Yöntem – II: Astronomik Görüş

Sonuç-6: Güneş Sistemi nesnesi  
Cüce galaksi, nova

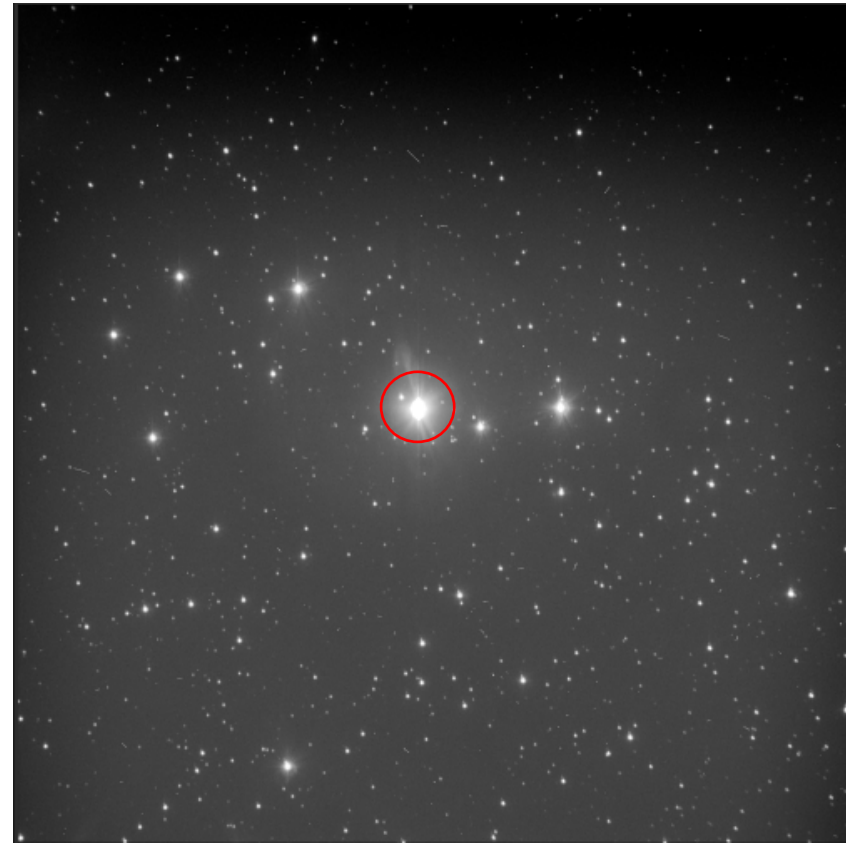
Dar bant görüntülerinde kaynakların astronomik görüş ölçümleri ile nokta ve yaygın nesnelere ayırt edilebilir. Bu amaçla 21 Ekim 2023 tarihinde RTT150 teleskopu ile 1800s poz ve dar bant H $\alpha$  ( $\lambda$ 6569.2 $^{\circ}$ , FWHM 50 Å)'da Vesta küçük gezegeni (RA: 06 28 06 Dec: +18 59 56) görüntüsü alınmıştır.

**Şekil 3a**'da CCD çerçevesine Siril programı (sürüm: 1.2.3) uygulanarak PSF ölçümü için 604 adet seçilmiş kaynak yuvarlak içerisinde alınmış görüntüsü (sağda) orijinali (ortada) ve Simbad gök atlası (solda) ile birlikte verilmiştir. Vesta küçük gezegeni de işaretlenmiştir. **Şekil 3b**'de 604 kaynağın kozmik ışınlar, gökadamızdan ve/veya dışından ve Güneş Sistemi'mize ait kaynaklar gruplanmış olarak görülmektedir. Yakınlığından dolayı en büyük astronomik görüşlü yaygın cisim Vesta diğerlerinden çok belirgin şekilde ayrılmıştır.

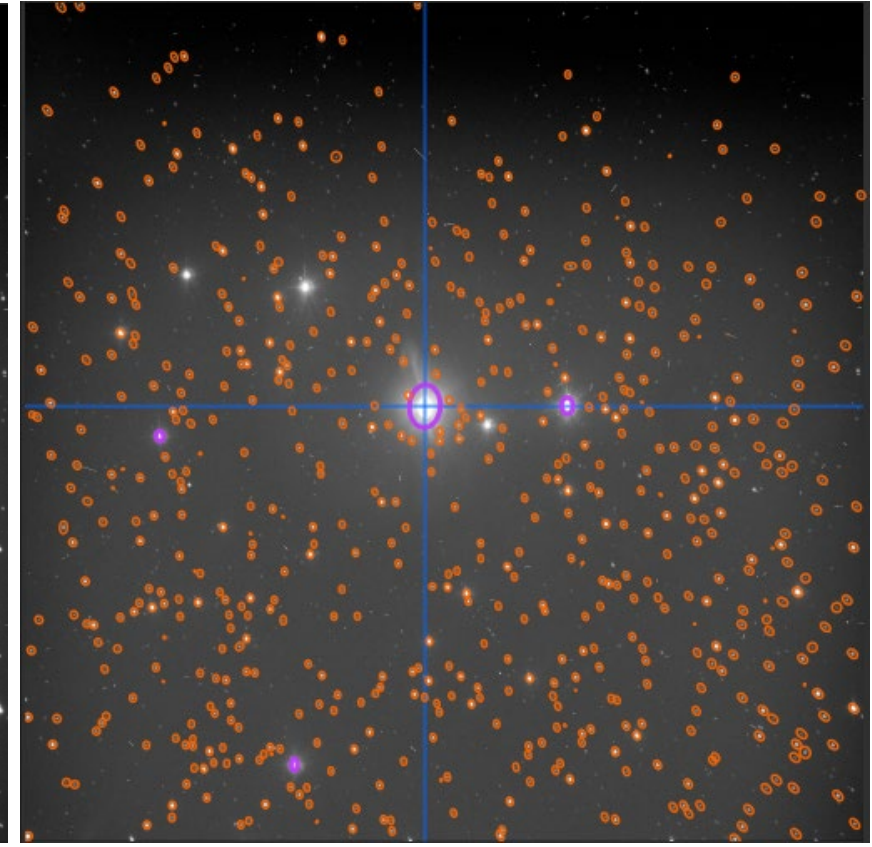
Benzer şekilde, en küçük astronomik görüşlü nokta kaynak kozmik ışınlar da ayrılmıştır.



Simbad

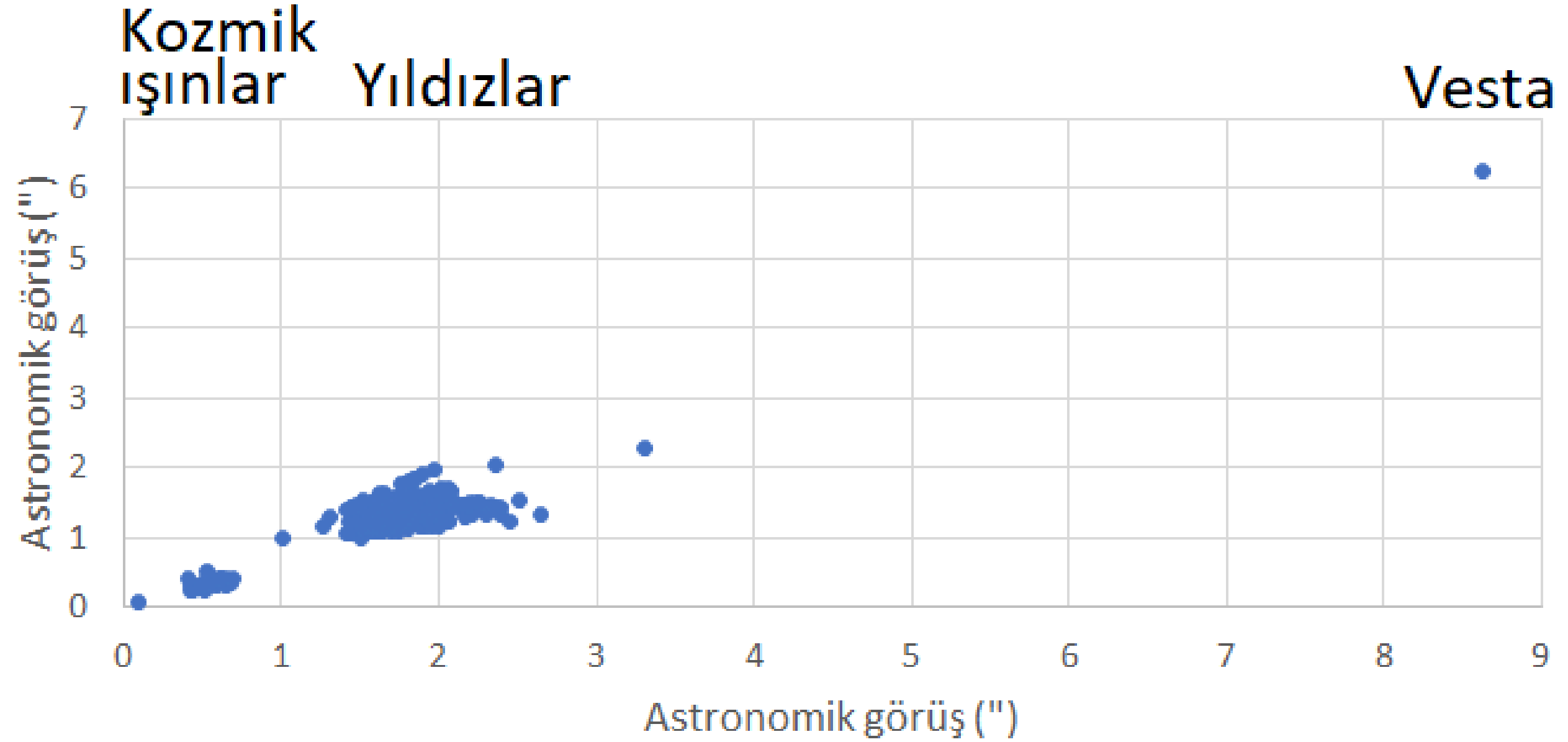


RTT150



Siril

Şekil 3a. Astronomik görüşü belirlenen kaynaklar. Yuvarlak içindeki küçük gezegen Vesta'dır ve Simbad görüntüsünde görülmemektedir.



Şekil 3b. Vesta küçük gezegenin astronomik görüş ölçümleri.



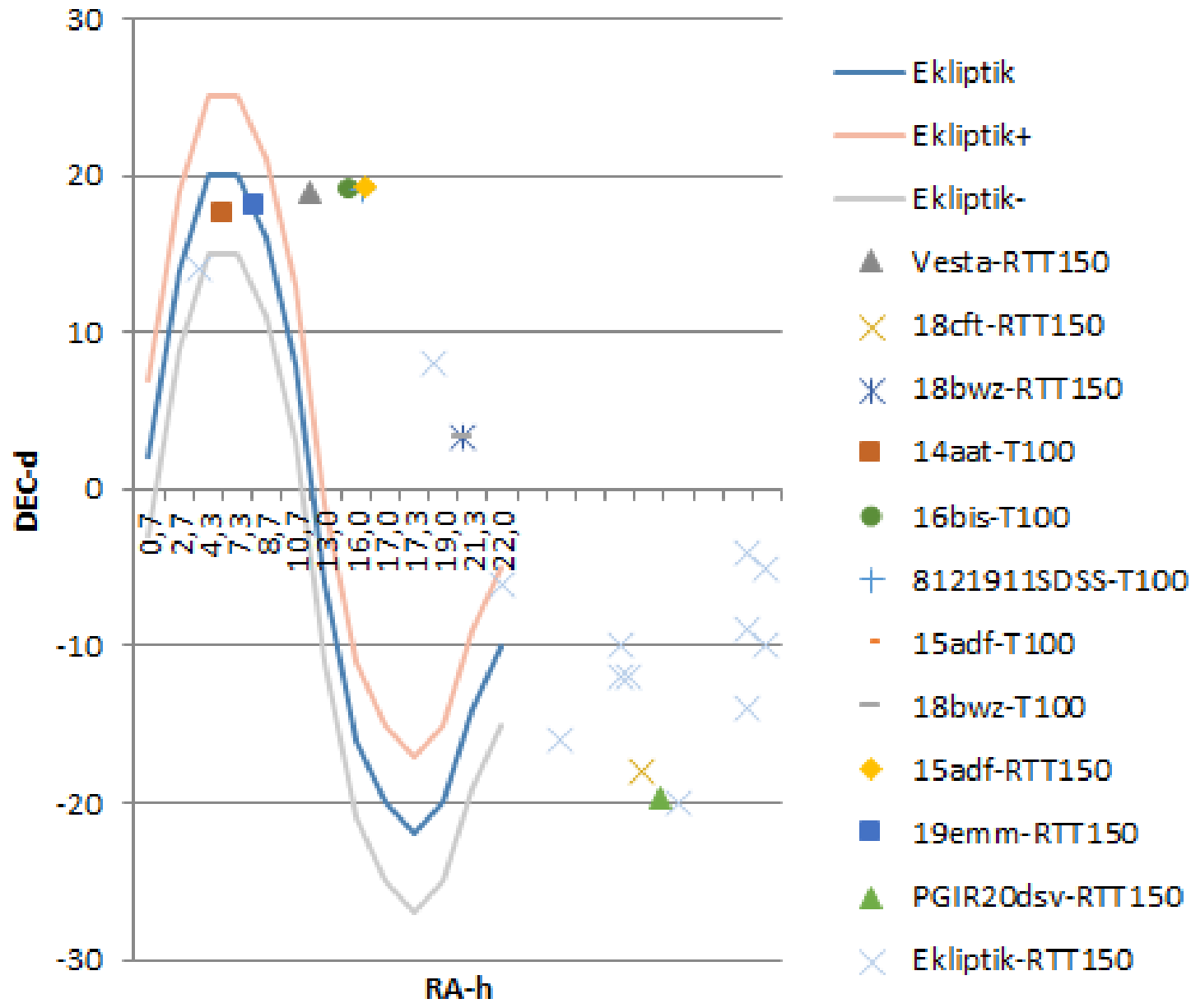
# Sonuçlar

Gözlem arşiv verilerinden Gaia14aat (T100), 15adf (RTT150+T100), 16bis (T100), 18bwz (RTT150+T100), 18cft (RTT150), 19emm (RTT150), PGIR20dsv (RTT150) ve SDSS J8121911 (T100) nesnelерinin tutulma düzleminde yer aldıkları tespit edilmiştir. Bu nesnelerin toplamda 3750 adet görüntüsü incelenmek üzere mevcuttur. Ayrıca buna, yine tutulma düzlemi üzerinde 13 farklı koordinatta  $(11.1' \times 11.1' \times 13 = 4.8^\circ)^2$  RTT150 çok katmanlı dar bant görüntülerini ekleyebiliriz.

Şekil 4'de bu nesne ve bölgelerin Güneş Sistemi disk bölgesindeki konumları belirtilmiştir.

Görüntülerin ayrıntılı incelenmesi sürdürülmektedir. Buna göre ön sonuç olarak, teleskopların görüntüleme alanlarında görülebilirlik sınırı içinde herhangi bir asteroid belirlenememiştir.

Bu araştırmadaki arşiv verisi, Güneş Sistemi yelerinin “gezgin” özellikleri ile Zodyak bölgesinin %3.4’ne karşılık geldiği söylenebilir. Benzer şekilde, TUG’un uzun süreçli arşiv görüntülerindeki nesnelere göksel koordinatlarına da bakılacak, Zodyak bölgesinde olanların verileri ile bu oran arttırılacaktır. Ayrıca, RTT150 gözlem projesi ile de gözlenmemiş bölgelerin görüntüleri alınması sürdürülecektir.



Şekil 4. Arşiv verilerinden çıkarılan tutulma düzlemi nesnelere.

## Kaynakça

Batygin, K., Brown, M.E., 2016, AJ, 151 (2), 22

Lykawka, P.S., Ito, T. 2023, AJ, 166, 118

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

## Teşekkür

Bu çalışmada Türkiye Ulusal Gözlemevleri TUG 11CT100-231, 15CT100-915, 17AT100-1174, 21AT100-1799, 10BRTT150-29, 15ARTT150-734, 16ARTT150-949, 22BRTT150-1974 ve 24ARTT150-2128 numaralı projelerin verileri kullanılmıştır.