

## Gaia İLE ASTEROİT ASTROMETRİSİ

Eda GÜZEL<sup>1</sup>, Serdar EVREN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri, İzmir  
eposta: [edaguzel1919@hotmail.com.tr](mailto:edaguzel1919@hotmail.com.tr), [serdar.evren@ege.edu.tr](mailto:serdar.evren@ege.edu.tr)

**Özet:** Güneş sistemindeki küçük cisimlerin günümüze kadar uydu teleskoplar veya yer-konuşlu teleskoplarla sınırlı olanaklarla bile gözlenmesi sonucunda bu cisimler hakkında birçok bilgiye ulaşılmıştır. Yeni bilgiler ışığında ulaşılan sonuçlar bugüne kadar bilinenlerin daha iyi araştırılması gerektirecek düzeydedir. Özellikle yeni bulunan sönük-küçük cisimlerin kendi aralarında yeniden sınıflandırması yapılmaya başlanmıştır. 20<sup>m</sup>'den daha parlak küçük cisimlerin konum ölçümleri ve bunların yörüngelerinin hesabı ise tahminen 2013 yılı sonunda fırlatılacak olan Gaia uydusu yardımıyla yapılacaktır. Gaia tüm gökyüzü taraması yaparak gökadamızın şimdiye kadar var olan en kapsamlı üç boyutlu haritasını çıkaracaktır. Bunu yaparken 20'nci kadere kadar olan bütün cisimlerin en yüksek hassasiyette konum, parlaklık ve dikine hız ölçümlerini gerçekleştirecek böylece gökadamızın oluşum, kimyasal bileşim ve evrimine ışık tutmaya çalışacaktır. Sönük ve yüksek harekete sahip cisimleri kolayca bulma ve izleme yeteneği sayesinde asteroitler, kuyruklu yıldızlar gibi küçük güneş sistemi cisimlerini de rahatlıkla bulabilecek, bunlarla ilgili ayrıntılı bilgiler edinmemizi sağlayacaktır. Gaia'nın hassas ölçüm aletleri ve bulunduğu uzay konumu yardımıyla, asteroitlerin kinematik hareketi, parlaklık değişimi, kütle ve büyüklük ölçümü ile güneş sisteminin de oluşum, kimyasal yapı ve evrimine ışık tutması beklenmektedir.

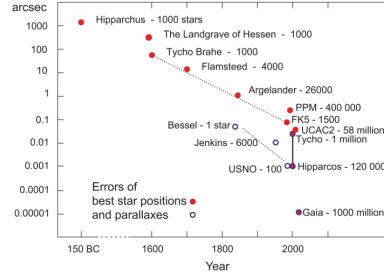
### 1. Giriş

Asteroitlerle ilgili bilgiler uzay veya yer-konuşlu teleskoplarla bilinenlerin daha iyi araştırılmasını gerektirecek düzeydedir. Özellikle yeni bulunan sönük-küçük cisimlerin kendi aralarında sınıflandırması ve güneş sisteminin kökenine ışık tutacak dinamik modeller yapılmaktadır. Tahminen 2013 yılı sonunda fırlatılacak olan Gaia astrometrik görevinin hassasiyeti, bulunduğu konum ve teknolojik tasarımı asteroit bilgisinde devrim yaratacak niteliktedir. Gaia tüm gökyüzü taraması yaparak gökadamızın şimdiye kadar var olan en kapsamlı üç boyutlu haritasını çıkaracaktır. 5 yıl boyunca 20'nci kadere kadar olan bütün cisimlerin en yüksek hassasiyette konum, parlaklık ve dikine hız ölçümlerini gerçekleştirecek, böylece gökadamızın oluşum, kimyasal bileşim ve evrimine ışık tutmaya çalışacaktır. Sönük ve yüksek harekete sahip cisimleri kolayca bulma ve izleme yeteneği sayesinde asteroitler, kuyruklu yıldızlar gibi küçük güneş sistemi cisimlerini de rahatlıkla bulabilecek, bunlarla ilgili ayrıntılı bilgiler edinmemizi sağlayarak güneş sisteminin kökenine ilişkin ipuçlarını toplayacaktır.

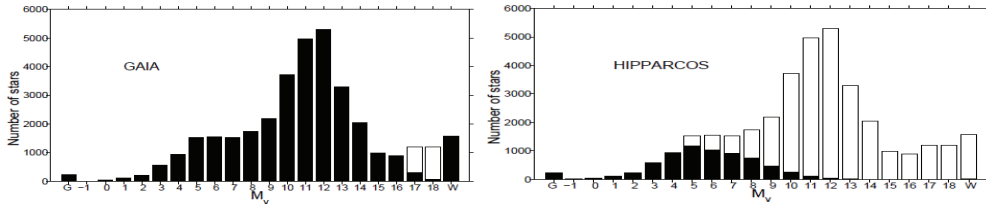
### 2. Astrometri

Astronomide kullanılan en eski yöntemlerden biri astrometridir. Gök cisimlerinin yerini, hareketini ve uzaklığını zamanın fonksiyonu olarak en yüksek hassasiyetle belirlemeye çalışır. Konum astronomisi olarak da tanımlanan astrometrinin tarihi katalogların tarihi kadar eskidir. M.Ö. 150'de Hipparchus'un çıplak gözle yaptığı yaklaşık 1000 yıldız haritalamasıyla başlayan yıldız katalogları astronominin bütün alt dallarına bilgi sağlar. En basitinden teleskopun yönlendirilmesi bile astrometriye dayanır. Gelişen teknoloji ile artan hassasiyet ve buna ek olarak atmosfer dışından yapılabilen gözlemler ile daha sönük, dolayısıyla daha çok ve daha uzak gök cisimlerini izleyebilmekteyiz. 1989'da fırlatılan

HIPPARCOS uydusunun devamı niteliğindeki ESA'nın Gaia astrometrik görevi şimdiye kadar var olan en büyük yıldız kataloğunu oluşturacaktır. 2013'de atılması planlanan uydunun duyarlılığı mikro yay saniyesine kadar artabilmektedir. Grafiklerde Gaia'nın diğer uydularla karşılaştırmaları görülmektedir.



**Şekil-1** Şimdiye kadar var olan bütün katalogların hassasiyetinin ve içerdiği yıldız sayılarının karşılaştırması ve 5 yıllık görev sonrasında oluşturulacak olan Gaia kataloğunun yeri görülmektedir. Sayı yay saniyesi (arcsec) cinsinden ne kadar küçükse duyarlılık o kadar artmaktadır.



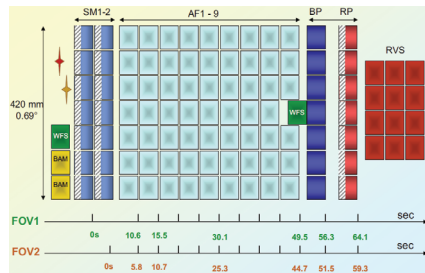
**Şekil-2** HIPPARCOS uydusunun devamı niteliğindeki Gaia'nın yapacağı ölçüm sayısının karşılaştırması

### 3. Gaia ile Astrometri

Gaia uydusunun belli başlı birkaç özelliği yaptığı astrometrik ölçümlerdeki duyarlılığına ve bilimsel katkılarına eşsiz nitelik kazandırmaktadır. Bunları iyi tanımak gelecek sonuçları da iyi değerlendirip önlem alabilme açısından önemlidir.

#### 3.1 Odak Düzlemi

Fotokatlandırıcı ile yıldızların görüntüsünü tek tek alan Hipparcos uydusunun tersine Gaia, çok daha yeni bir teknoloji olan CCD görüntüleme ile en kalabalık bölgelerin (3 million stars/deg<sup>2</sup>) bile görüntüsünü alarak her cismin çözümlemesini çok başarılı bir şekilde gerçekleştirebilecek. Odak düzlemindeki (SM) ile yeni cisimler bulunarak potansiyel olarak tehlikeli cisimlerin varlığında yazılımındaki telemetri sistemiyle Yer'e işaret verecek. Böylece Yer'den destek gözlemleriyle ilgili cismin izlemesi devam ederek daha hassas yörünge tespiti yapılabilecektir. (AF) ile iki boyutta konum ve özhareket, (BP) ve (RP) ile 320-1000 nm'de ışıkölçüm, (RVS) ile 847-874 nm de dikine hız ölçümleri yapılacaktır.



**Şekil-4** Odak düzlemindeki CCD'lerin sıralanışı, AF astrometrik alan, BP mavi ışıkölçer, RP kırmızı ışıkölçer, RVS dikine hız tayfçekeri, SM gökyüzü haritalayıcı olarak görev yapmak üzere ayarlandı.

### 3.1.1 Kullanılan Yöntemler

Odak düzleminde bulunan farklı dalgaboyu aralıklarına göre hassaslaştırılmış CCD'ler ile her cismin farklı özellikleri ve bu özelliklere dayalı farklı olay keşifleri yapılabilmektedir. Kullanılan 3 yöntem astrometri, ışıkölçüm ve tayf ile elde edilebilecek veriler ışığında  $10^5$ - $10^6$  yeni küçük gezegen keşfi, 10000 yörünge tayini, 100 asteroit kütlelerinin ve 1000 asteroit büyüklüğünün belirlenmesi beklenmektedir.

#### i-Astrometri

V=10 kadirde 4  $\mu$ as, V=15 kadirde 11  $\mu$ as, V=20 kadirde 160  $\mu$ as hassasiyetle cisimlerin yörünge özellikleri çok duyarlı olarak belirlenecek. Dolayısıyla yeni cisim keşfi, yakın kütle çekimi nedeniyle oluşan tedirginliklerle kütle belirlenmesi ve yıldız önünden geçecek asteroitlerin tahmini çok duyarlı olarak gerçekleştirilecek, yörünge evrimi, yörünge göçü, yarkovski etkisi gibi olayların varlığına güçlü kanıtlar sunacaktır.

#### ii- Işıkölçüm

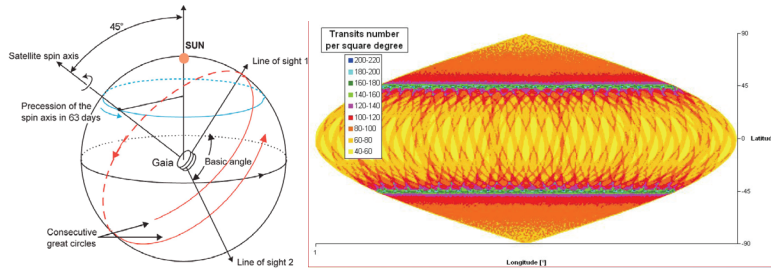
20. kadire kadar gözlenebilecek asteroitlerin ışıkgeçirimsinden dönme dönemi, asteroitin büyüklük, albedo, spin eksen yönelimi, şekli gibi fiziksel özellikler elde edilebilecek.

#### iii- Tayf ölçer

V=16-17 kadirde  $1-10 \text{ km s}^{-1}$  duyarlılıkla küçük cisimlerin dikine hız belirlemeleri astrometrik 2 konumla birleştirilerek Güneş Sistemi'nin 3 boyutlu haritası çıkartılacak. Bunların yanında tayfçeker ile kimyasal özellikler de belirlenerek asteroitlerin kökenlerine ilişkin teoriler test edilecek.

### 3.2 Tarama Yasası

Güneş ile yaptığı 45 derecelik eksen yönelimi ile daha önce görülememiş bölgeleri de içeren tüm gökyüzü taraması yapacaktır. 106.5 derecelik temel açı ile geniş açı ölçümü yapması hızlı hareket eden cisimlerin bulunmasını ve takibini kolaylaştırmaktadır. Sembolik görev süresi olan 5 yılda bir cismin ortalama 70 kere ölçümünü gerçekleştirecek.



Şekil-5 Sol resimdeki Güneş'e olan 45 derecelik açıyla hareket ederek sağ taraftaki resimde renklerle gösterilen sayıda tüm gökyüzü taraması gerçekleştirecektir.

### 3.3 Uzaysal Konum

Lagrange noktalarından ikincisine konuşlanacak olan Gaia, Yer'den hiç gözlenemeyen kör bölgeleri de görüntüleyebilecek. Böylece Yer yörüngesi içinde kalan ya da Yer Truvalıları gibi zor gözlenen cisimlerin bulunma olasılıkları artacaktır.

## 4. Bilim Hedefleri

### 4.1 Ana Asteroit Kuşağı ve Yer'e Yakın Asteroitler

Gaia'nın görüş alanına en çok girecek olan asteroitler ana asteroit kuşağındaki ve Yer'e yakın asteroitlerdir. Ana asteroit kuşağının güneş sisteminin ilk oluşum dönemlerinde büyük bir gezegenin parçalanmasıyla oluştuğu düşünülmektedir. Jüpiter ile Mars arasında bulunan bu bölgedeki asteroitlerin dinamik ve fiziksel özelliklerinden faydalanarak yeniden sınıflandırılması yapılmakta, bu olayın kanıtlarının izi sürülmektedir. Yer'e yakın olan asteroitlerin çekim etkisiyle ana kuşaktan ya da dış güneş sisteminden göç ettikleri düşünülmektedir. Güneş ışınlarının etkisiyle asteroit yörüngelerinin sürüklenmesi (Yarkovski etkisi), çarpma olayları, çekim etkileri gibi nedenlerle maskelenen ilk oluşum özelliklerine ulaşabilmek Gaia ile elde edilen verilerle mümkün olacak. Güneş'in çekim alanı içindeki Genel Görelilik Teorisi'nin testlerini sağlamak için iyi adaylar olan asteroitlerin küçük tedirginliklerini bile ölçebilecek duyarlılıktadır.

### 4.2 Truvalılar

Lagrange noktalarında bulunan truvalıların Jüpiter çevresinde bilinen sayısı yaklaşık 2000'dir. Gaia gözlemleriyle bu sayının ve diğer gezegenler etrafındaki Truvalıların sayısının artması bekleniyor. Truvalılar asteroitlerin bir alt sınıfı mı, bugünkü yerlerinde mi oluştu ya yoksa çekim kuvvetleriyle sonradan mı tuzaklandıkları gibi sorularla ilgili ipuçlarını verecek fiziksel ve dinamik özellikleri belirleyebilecek yetenektedir.

### 4.3 Oort Bulutu

Güneş Sisteminin etrafını çevrelediği düşünülen Oort Bulutu şimdiye kadar doğrudan gözlenemedi. Kuyruklu yıldız yörüngelerinden ve dolanma dönemlerinin uzunluğundan dolaylı olarak şekli tahmin edilmektedir. Gaia verileri kullanılarak yapılacak sayımların Oort Bulutundaki nesne sayısını vermesi bekleniyor. Ayrıca asteroitlerle kuyruklu yıldızlar arasında bir akrabalık ilişkisi olup olmadığına dair ipuçları bulması bekleniyor.

## 5. Tartışma ve Sonuç

Gaia'nın Yer'den 150 milyon kilometre uzakta bulunması yerden yapılan gözlemlerle paralaks ekisi yaratarak hasssiyeti artırma şansı vermektedir. Follow-Up Network (Gaia-FUN) olarak adlandırılan yerden destek gözlemleri, Gaia'nın görüş alanı ve gözlem süresinin sınırlı olması nedeniyle oluşturulmuş bir ağıdır. Gaia'dan alınacak verimin en iyi düzeyde olması için gelecek verilerin iyi anlaşılması ve eksiklere göre yapılması gerekenlere doğru yön vermek gerekmektedir. Potansiyel olarak tehlikeli cisimler için de kullanılan Gaia-FUN alarm sistemi için oluşturulan; <https://www.imcce.fr/gaia-fun-ss0/start> web sayfasında acil gözlemler için gerekli duyurular yapılmaktadır.

## 6. Kaynaklar

<https://www.imcce.fr/gaia-fun-ss0/start>  
<http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=26#>  
<http://www.rssd.esa.int/index.php?project=GAIA>