

## ASTEROİDLERİN KONUM ve YÖRÜNGE ELEMANLARININ BELİRLENMESİ

Adnan ÖKTEN<sup>1</sup>, Remziye CANBAY<sup>1</sup>, Songül ÖZIRMAK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü*  
[aokten@istanbul.edu.tr](mailto:aokten@istanbul.edu.tr) [rmzycnby@gmail.com](mailto:rmzycnby@gmail.com) [dieblade@hotmail.com](mailto:dieblade@hotmail.com).

### Özet

Bilindiği üzere asteroidler çoğunluğu Mars ile Jüpiter arasında –ana kuşak asteroidler- olmak üzere Güneş Sistemi'nin oluşumundan beri Güneş etrafında dolanan sayıları milyonları aşan irili ufaklı gök cisimleridir. Ana kuşak asteroidlerinin sayı ve büyüklüklerini daha iyi anlamak için Arz'a Yakın Asteroidler'in (Near Earth Asteroids: NEAs) sayı yoğunluğunun bilinmesi gerekir. Çünkü NEA'ların çoğunun ana kuşakta oluştuğuna inanılmaktadır. Ana kuşakta Jüpiter'in gravitasyonel etkisi ile oluşan dört özel farklı bölge vardır. NEAs olarak isimlendirdiğimiz asteroidlerin çoğu bu dört bölgedeki çarpışmaların sonucu oluşmuş ve Jüpiter'in gravitasyonel etkisi ile yörüngeleri Arz yörüngesini keser hale gelmiştir.

Yakın geçmişte 1908'de Sibirya-Tunguska'ya yaklaşık 50 metre çapında olduğu tahmin edilen bir asteroidin, 1994 yılında da Jüpiter'e birkaç kilometre çaplı kuyruklu yıldız parçalarının düşmesi göksel tehdidin Arz için hala var olduğunun yakın örnekleridir.

Burada iki şey önemlidir; Birincisi ana kuşaktaki bu asteroidlerin NEAs'ler hakkında daha fazla şey öğrenmemizi sağlaması açısından incelenmesi, diğeri ise bu asteroidlerin yörüngelerinin evriminin takip edilerek Arz'ı tehdit edip etmediğinin ortaya çıkarılmasıdır.

Bölümümüzün, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevi'nde bulunan İST60 teleskobu ile elde edilen seçilmiş bazı asteroidlerin konumları ve yörünge elemanları Küçük Gezegen Merkezi'nin ürettiği sonuçlarla karşılaştırılmış ve kabul edilebilir hata sınırları içinde oldukları görülmüştür. Böylece İST60 teleskobunun asteroid gözlemleri için oldukça uygun bir teleskop olduğu kanaatine varılmıştır.

### 1. Giriş

CCD astronomisinin devreye girmesi, konum ve yörünge tayini konularında yazılımların geliştirilmesi ve genel kullanıma açılması astrometrik çalışmalarda yeni bir dönem başlatmıştır. Kaliteli bir CCD ile (piksek boyutu 9-15  $\mu\text{m}$ ) uygun odak uzaklıklı (4 m üzeri) bir teleskop ve uygun yöntemler (nokta dağılım fonksiyonunu –PSF- kullananlar gibi) yardımıyla 0".1'nin altında çok yüksek hassasiyetle konum belirleyebilme olanağı vardır.

Asteroidlerin çoğunluğu sırasıyla uzaklıkları 1,6 ve 5,2 Astronomi Birimi (AB) olan Mars ve Jüpiter gezegenleri arasında, kendi isimleriyle anılan bir kuşakta bulunmaktadır. Büyük gezegenler gibi asteroidler de Güneş etrafında bağımsız elips yörüngelerde dolanmaktadırlar. Böyle olmakla beraber, Mars ile Jüpiter arasında tanımlanan kuşağın dışına taşan ve Arz'a yaklaşan asteroidler de vardır. Bir kısmı Arz'ı tehdit edecek kadar yakın geçen bu gök cisimleri, NEAs'lar başlığı altında, *Atira*, *Aten*, *Apollo* ve *Amor* asteroidleri olmak üzere dört farklı grupta toplanmışlardır. Nitekim bunlardan *Atira* grubu asteroidler Arz yörüngesinin içerisinde kalan yörüngelerde dolanmaktadırlar. En az üyesi bulunan *Atira* asteroidlerinin bilinen sayısı 11'dir. 716 adedi bilinmekte olan *Aten*'in dolanım periyotları 1 yıldan küçük olup yörüngeleri Arz'ınkini kesen asteroidlerdir. 4910

adedi bilinen Apollo grubu asteroidler de Arz yörüngesini kesen yörüngelerde dolanmakta olup, periyotları 1 yıldan uzundur. Şu anda bilinen adeti 3413 olan Amorlar ise Mars yörüngesini kesen yörüngelerde dolanan, Dünya'ya fazla yaklaşmayan asteroidlerdir. Sürekli yapılan hassas gözlemler sonucu her geçen gün yenileri keşfedilerek sayıları artmakla beraber, bu metnin hazırlandığı 03.09.2012 tarihi itibarıyla Arz'a yeterince yakın yörüngelerde dolanan, dolayısıyla Arz için potansiyel tehlike arz eden 1328 adet asteroid vardır. Bunlar astronomide Tehlike Potansiyeli Taşıyan Cisimler (Potentially Hazardous Objects: PHAs) olarak adlandırılırlar.

Bu çalışma bir giriş niteliğinde olup bir asteroidin gözlenip gözlenemeyeceği kriterlerinin neler olduğundan gözlem sırasında verilecek poz sürelerinin hesaplanmasına, asteroidin CCD görüntüsü üzerindeki yerinden görünen koordinatlarına (göksel ekvatorial koordinatlara), Küçük Gezegen Merkezi'ne (Minor Planet Center; MPC) "txt" dosyası şeklinde raporun nasıl hazırlanacağından bu dosya ve bir paket program yardımı ile yörünge elemanlarının nasıl hesaplanacağına, yeni bulunacak bir cismin yörüngesinin nasıl hesaplanacağından cismin efemerisinin nasıl oluşturulacağına ve sonra cismin nasıl takip edileceğine kadar olan aşamalar sırasıyla verilmeye çalışılacaktır. Çanakkale'de Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında yapılan gözlemlerin sonuçlarına da bu çalışmada verilecektir.

## 2. Alt Yapının Hazırlanması

Asteroidlerin konum ve yörünge tayinini yapacak genç araştırmacıların özellikle koordinat sistemlerini, katalogları, zaman ve teğet düzlem kavramlarını, standart koordinatları, CCD koordinatları ve sabitlerini, ayrıca bu sabitlerin hatalarını ve hataların nasıl iyileştirilmesi gerektiğini iyi bilmeleri gerekmektedir.

Astrometrik çalışmanın temel şartı duyarlı ve sürekli gözlemdir. Gözlemin yapılabilmesi için de hedef cismin gökküresinde nerede olduğunun bulunması gerekir. Cismin koordinatları hesaplarla bulunduktan sonra teleskop hedefe yönlendirilir ve gelişmiş bir astronomik CCD vasıtasıyla sayısal görüntüler alınır. Hedef cismin çevresinde görüntü alanına giren yüzlerce yıldız bulunabilir. Bunlardan uygun olanlar yeni bulunan cismin veya asteroidin koordinatlarını belirlemek için referans yıldızı olarak seçilir. Yıldızların göksel koordinatlarının yanı sıra, CCD üzerindeki belirli bir başlangıç noktasına göre lineer koordinatlarını da ölçmek gerekir. Ölçülen koordinatlar ve CCD merkez koordinatlarından yararlanılarak hedef cismin göksel koordinatları hesaplanabilir. Nihayet farklı zamanlarda yapılan gözlemlerden elde edilen göksel koordinatlar yardımı ile yeni cismin Güneş etrafındaki yörüngesi ve elemanları hesaplanabilir.

## 3. Bir Gök Cisminin Gökküresi Üzerindeki Yerinin Bulunması

Şayet cismin göksel ekvatorial koordinatları biliniyorsa, ufuksal koordinatlar gözlem anı için doğrudan hesaplanabilir. Bu problem kullanılan teleskobun ufuksal veya ekvatorial yerleşimli olmasına bağlı olarak iki şekilde çözülebilir.

*Ufuksal yerleşim halinde çözüm:*  $A_Y$ , cismin gözlem anındaki azimutu,  $\alpha_Y$ , cismin gözlem anındaki yüksekliği,  $H_Y$ , cismin gözlem anındaki saat açısı,  $l_s$ , Bölgenin standart boylamı,  $l_c$ , Çanakkale'nin boylamı,  $\varphi_c$ , Çanakkale'nin enlemi,  $\delta_Y$ , cismin deklinasyonu  $\alpha_Y$ , cismin rektasansyonu,  $\theta_0$ , Greenwich ( $0^h$  UT1'de) yıldız zamanı olmak üzere bir yıldızın veya cismin gözlem anındaki yüksekliğini bulmak için (1) nolu bağıntıdan yararlanılır.

$$\sin(\alpha_Y) = \sin(\delta_Y) \sin(\varphi_g) + \cos(\delta_Y) \cos(\varphi_g) \cos(H_Y) \quad (1)$$

Bağıntıdaki  $H_Y$ , yıldızın saat açısı (2) nolu bağıntıdan yararlanılarak (3) nolu bağıntıdan hesaplanır.

$$\theta_g = (B.Z. - l_Y) + 1.002737909 + \theta_p + l_g \quad (2)$$

$$H_Y = \theta_g - \alpha_Y \quad (3)$$

Yükseklik bilindiğinden, (5) bağıntısı yardımıyla azimut bulunur.

$$\sin(\delta_Y) = \sin(\alpha_Y) \sin(\varphi_g) + \cos(\alpha_Y) \cos(\varphi_g) \cos(360 - A_Y) \quad (4)$$

$$\sin A_Y = - \frac{\sin \delta_Y \cos \varphi_g}{\cos(\alpha_Y)} \quad (5)$$

*Ekvatorial yerleşim halinde çözüm:* Yıldızın deklinasyonu bilindiğinden parametrelerden biri hazırdır. Teleskopu yönlendirmek için gerekli olan diğer parametre olan saat açısı, (2) nolu bağıntıdan yıldız zamanının bulunması ve (3) numaralı bağıntıda yerine konmasıyla bulunabilir. Böylece teleskop yersel ekvatorial koordinatlara  $[\delta, H]$  göre cisme yönlendirilebilir.

Şayet modern bir teleskopla gözlem yapılıyorsa ve cismin uygun bir katalogdan rektasansyon ve deklinasyon değerleri biliniyorsa hedef cisim direkt olarak teleskobu idare eden bir program yardımı ile CCD merkezine alınabilir.

Belirli bir referans tarihi (epok) ve o tarihe ait ortalama anomali (M) ile yörünge elemanlarının bilinmesi durumunda da göksel ekvatorial koordinatlar bulunabilir. Örneğin  $\{\text{Epok}, M, [\Omega, \omega, i, a, e, \tau]\}$   $\{\text{Burada } \Omega, \text{ çıkış düğümünün boylamı}; \omega, \text{ perihelin argümanı}; i, \text{ referans düzlemi ile cismin gerçek yörüngesi arasındaki açı}; a, \text{ yörüngenin yarı büyük eksen}; e, \text{ yörüngenin eksantrisitesi}; \tau, \text{ cismin yörüngesi üzerinde perihenden geçiş anı}\}$  verilerinden yola çıkarak gözlemi yapılacak cismin göksel ekvatorial  $(\alpha, \delta)$  koordinatlarına geçilebilir.

Küçük Gezegen Merkezi internet sitesinin menülerinden istenilen bir tarih, saat ve gözlemevi için asteroidin efemerisi üretilebilir. Alternatif olarak bir asteroidin efemerisini NASA'nın ilgili sitelerinden üretmek de mümkündür.

#### 4. Gözlem Tekniği ve Gözlemler

Gözlemlerde açıklığı 60cm, odak uzunluğu 480cm olan ekvatorial yerleşimli İST60 teleskobu ile yüksek kuantum etkinliği olan Apogee marka Alta U42 model CCD kamerası kullanılmıştır. 2048x2048 pikselli kare şeklindeki CCD çipinin her bir pikselinin boyutu 13,5x13,5 mikrondur. Çip boyutları 27,65x27,65mm olup, uzaysal görüş alanı yaklaşık 20x20 yay dakikasıdır. Her bir pikselin uzaysal ayırma gücü 0".58 yay saniyesidir.

Gözlem sırasında asteroide verilecek poz süresi asteroidin hızına ve FWHM (Full Width Half Maximum) değeriyle yani görüş kalitesiyle (seeing) yakından ilişkilidir. Verilen poz süresine bağlı olarak asteroidin CCD pikselleri üzerinde bırakacağı izin uzunluğunun FWHM değerini geçmemesi gerekmektedir. Aksi takdirde asteroid yıldızlar gibi nokta kaynak olarak görüntülenemezler ve bu durum indirgemede ilave zorluklar getirir. Ayrıca, Parlak cisimlerde poz süresinin "kuyu derinliğini" aşmayacak şekilde ayarlanması gerekir.

Bu çalışmada ki gözlemler Haziran (18,19,20,21,22), Temmuz (19,20) aylarına aittir. Haziran'da 20, Temmuz'da 7 farklı asteroid gözlenmiştir. Sonuçlar 9. Bölümde tartışılmıştır.

## 5. Gözlemlerin İndirgenmesi

Yapılan gözlemler paket bilgisayar programları kullanılmak suretiyle indirgenmiştir. Programın cismin göksel ekvatorial koordinatlarını hesaplayamadığı durumlarda çözümün bir aşaması elle hesap aşaması programla yapılmıştır.

*Elle yapılan indirgemelerin aşamaları:* Asteroidin ve çevresinden seçilen referans yıldızların x,y (lineer uzunluk) değerleri MaxIM DL5 paket programı yardımı ile ölçülmüştür. Yıldızların koordinatları “Aladin Sky Atlas” dan CCD merkezine ait yıldız alanının çağrılması ve üzerine UCAC2 katalogunun çakıştırılması suretiyle elde edilmiştir.

Enter approximate RA Dec of center of image (hh mm ss.s... =dd mm ss.s...): 20 02 00.00 +13 50 00.00

Enter number of stars to use in calculating the plate constants (at least 4, no more than 10): 4 2

Enter for each star its RA Dec, and the x y pixel coordinates of its image centroid (?)  
(RA Dec in the format hh mm ss.s... =dd mm ss.s...; x y in the format xxx.xxx... yyy.yyy...):

RA Dec: 20 02 48.711 +14 08 25.11	x y: 279.23 877.94
RA Dec: 20 03 58.936 +13 39 13.57	x y: 14.59 373.46
RA Dec: 20 00 44.093 +13 32 00.31	x y: 794.31 272.06
RA Dec: 20 02 45.502 +13 37 15.97	x y: 307.11 346.88
RA Dec: _____	x y: _____
RA Dec: _____	x y: _____
RA Dec: _____	x y: _____
RA Dec: _____	x y: _____
RA Dec: _____	x y: _____
RA Dec: _____	x y: _____

Enter x y pixel coordinates of the centroid of object of unknown RA Dec:  
382.41 521.57 2

[Calculate]

Resulting plate constants(?):  
a = -1.000017729 b = -5.386692821 c = 0.0088584021  
d = -4.853747567 e = -0.999982939 f = -0.009482830

Resulting RMS residual in RA (seconds) and Dec (arcseconds): 0.18561091 2.82627296(?)  
Resulting RMS residual in arcseconds: 3.91104206(?)

Resulting RA Dec of object: 20 2 25.450879440100778 13 47 21.02482223476(?)

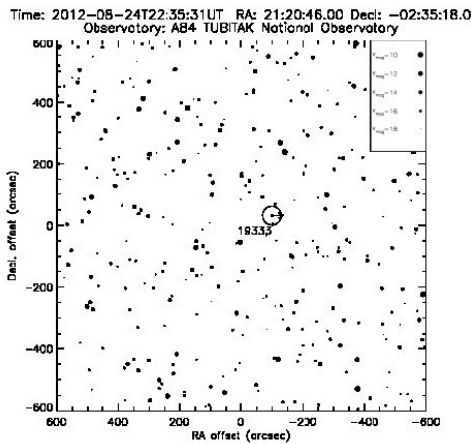
Şekil 1. "Astrometry Calculator" dan bir örnek.

Plak merkezine, yıldızlara ve asteroide ait bilgiler “Astrometry Calculator” adlı programda uygun veri girişi yapılarak asteroidin koordinatları hesaplatılmıştır (Şekil 1). Direk bilgisayar programı yardımı ile yapılan indirgemelerde CCDSoft ve Sky6 programı kullanılmıştır. CCDSoft’ta indirgeme öncesi “Research /Analyze Folder of Images /Pre Analyze” menüsünden “Source Extraction Setup” ’a girilerek ilgili yerlerin (açıklık çapı, FWHM, piksel boyutu gibi...) doldurulması gerekir. Sonra tekrar “Research /Insert WCS /AutoAstrometry” menüsünden Setup’taki “Residual filter” için 0".1 değeri kullanılarak referans yıldızlara ait işlem yaptırılır. Çözüm

elde edilememesi durumunda bu değerin 0".5’e kadar çekilmesinde bir mahsur yoktur. Cismin koordinatlarını bulmak için son olarak MPC Observation menüsü tıklanır, cursor astroidin üzerine getirilir ve cismin koordinatları elde edilir. “Observation List” kısmından MPC’a gönderilecek formatta bir “txt” dosyası da oluşturmak mümkündür.

## 6. Bilinen Bir Asteroidin veya Yeni Bir Cismin CCD Görüş Alanında Bulunması

“Astrometrica”, “MaxIM DL5”, “CCDSOFT” veya diğer herhangi bir programla CCD görüş alanına “Blink” yöntemi uygulanarak yıldız dışındaki yabancı cisimler görsel olarak teşhis edilebilir. Görüş alanındaki bu yabancı cisimler Lowell Gözlemevi’nin hazırladığı “astplot” scripti ile sorgulanabilir (Şekil 2) (<http://asteroid.lowell.edu/cgi-bin/astplot>).



Şekil 2. Lowell Gözlemevi yıldız alanı.

CCD görüntüsüne ait “header” bilgileri “astplot” ta uygun yerlere yazıldıktan sonra program çalıştırılır.

Gelen görüntü kendi görüntünüz ile çakıştırılır. Mevcut asteroidleri hareket doğrultuları ile birlikte görüş alanında görmek mümkündür. Şayet sizin cisminiz görüş alanında görünmüyorsa bunun yabancı bir cisim veya asteroid olma ihtimali yüksektir. Acilen cismi takibe almak gerekir. O gece yapılan gözlemlerden aşağıda anlatılan şekilde bir efemeris oluşturarak cismin ertesi gün de takibi sağlanabilir. Cismin yabancı bir cisim olup olmadığı kontrolü NASA’nın ilgili sitesinden de

yapılabilir (<http://ssd.jpl.nasa.gov/sbfind.cgi#top>).



## 7. “Yeni” Olduğu Düşünülen Bir Cismin Gökküresinde Takibi

“Blink” testini müteakip “astplot” yardımı ile cismin bilinen bir asteroid olmadığı teşhis edilirse o gece mümkün olduğunca çok sayıda gözlemi elde edilmeye çalışılır. Bu gözlemler yardımı ile 5. Maddedeki yöntemden biri ile cismin  $\alpha$  ve  $\delta$  koordinatlarına ait özel formatta bir “txt” dosyası (Şekil 3) oluşturulur. “Find\_Orb” programı çalıştırıldıktan sonra bu “txt” dosyası “Open” menüsünden çağırılır ([http://www.projectpluto.com/find\\_orb.htm](http://www.projectpluto.com/find_orb.htm)). Daha sonra “Efemeris” menüsü açılarak gerekli bilgiler yazılır. İstenilen tarih

Date (UT)	.ddddd	RA	Dec	delta	r	elon	mag	'/hr	PA
2012 07 21.7502	18 22 07.873	+29 20 53.80	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	
2012 07 21.7509	18 22 07.839	+29 20 53.62	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	
2012 07 21.7516	18 22 07.805	+29 20 53.44	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	
2012 07 21.7523	18 22 07.771	+29 20 53.25	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	
2012 07 21.7530	18 22 07.736	+29 20 53.07	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	
2012 07 21.7537	18 22 07.702	+29 20 52.89	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	
2012 07 21.7544	18 22 07.668	+29 20 52.71	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	
2012 07 21.7551	18 22 07.634	+29 20 52.52	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	
2012 07 21.7558	18 22 07.600	+29 20 52.34	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	
2012 07 21.7565	18 22 07.565	+29 20 52.16	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	
2012 07 21.7572	18 22 07.531	+29 20 51.97	.80874	1.6175	124.5	16.8	0.48	247.8	

Şekil 4. "Find\_Orb" dan üretilen efemeris. Step size 0.0007 birer dakikalık aralıklarla rektasansyon ve deklinasyonu ürettiğini gösterir. RA, rektasansyon, Dec deklinasyon, ('/hr) cismin saatteki yay dakikası cinsinden hızını göstermektedir.

Şekil 3. Asteroidler için MPC tarafından istenen format. XXX'ler gözlemevinin bir gözlem kodu olmadığını, OBS gözlemcileri, MEA indirgemeyi yapanları, TEL teleskobun özelliklerini, NET hangi katalogdan yararlanıldığını, AC2 irtibatı geçilecek adresi göstermektedir. Bir satır 80 karakterle sınırlanmıştır. 42811 asteroidin özel numarası, C gözlemin CCD ile yapıldığını gösterir.

suretiyle takibi yapılır. Burada dikkat edilecek nokta yeni gözlemler elde edildikçe yeni yörünge elemanları hesaplanması ve buna göre efemeris üretilmesidir.

## 8. Cismin Yörüngesinin Hesabı

“Find Orb” yörünge tayini programı yardımı ile cismin yörünge elemanları bulunabilir. Programın çalıştırılması ile ilgili kısa bir açıklama yapmak gerekirse: Sol üstteki “Open” menüsünden özel formatta hazırlanmış “txt” dosyası çağırıldığında program direk yörünge elemanlarını gerekli olabilecek diğer birçok parametrelerle birlikte hesaplar (Şekil 5). Bu programda şeklin sağında görünen menülerden başka yöntemlerle de yörünge elemanları üretmek ve bunları birbirleri ile karşılaştırmak mümkündür.

Date	RA	Dec	delta	r	elon	mag	'/hr	PA
1207 19 91956	A84	18 23 33.86	+29 28 13.5	00	00			
1207 19 92044	A84	18 23 33.81	+29 28 13.3	05	01			
1207 19 92219	A84	18 23 33.72	+29 28 13.0	02	06+			
1207 19 92306	A84	18 23 33.67	+29 28 12.7	07	06-			
1207 19 92394	A84	18 23 33.63	+29 28 12.5	01+	07-			
1207 19 93024	A84	18 23 33.30	+29 28 11.2	03+	02-			
1207 19 93109	A84	18 23 33.26	+29 28 11.1	10+	06+			
1207 19 93194	A84	18 23 33.21	+29 28 10.9	03+	05+			
1207 19 93279	A84	18 23 33.16	+29 28 10.6	04-	07-			

Şekil 5. Find\_Orb softveri yardımı ile elde edilen yörünge elemanları. Bu örnekte 42811 nolu asteroidin yörüngesi 19, 20, 21 Temmuz 2012 tarihlerinde yapılan 141 gözlemden elde edilmiştir.

## 9. Tartışma ve Sonuç

İST60 teleskobu ile elde edilen gerek konum gerekse yörünge elemanları değerleri efemeris üreten üç sitenin (MPC, Astroplot ve Horizon) değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 6'da bunlardan bazılarının MPC ile olan karşılaştırma verilmiştir. Şekil 6'daki sonuçlar dikkatli incelendiğinde rektasansyon ve deklinasyonda –ki şimdilik bizi ilgilendiren en önemli parametreleri oluşturuyorlar- sırasıyla 0<sup>s</sup>.1 ve 0".1 gibi MPC'den

ASTI. NO	Date(UT). dddd	ÇANAKKALE ULUPINAR RA	GÖZLEMEVİ RA	Dec	E 26.475, delta	N 40.1 r el ong	Altitude:393 m mag /hr PA	FIND ORB
2408	2012 07 21 0000	20 06 15.788	20 06 15.8	+03 54 17.37	1.0681	2.037	155.6 15.0	0.67 225.0
2408	2012 07 21 0000	20 06 15.8	20 06 15.8	+03 54 17	1.091	2.059	155.6 14.4	0.67 225.0
2408	2012 07 21 0005	20 06 15.756	20 06 15.7	+03 54 16.89	1.068	2.037	155.6 15.0	0.67 225.0
2408	2012 07 21 0002	20 06 15.7	20 06 15.7	+03 54 16	1.091	2.059	155.6 14.4	0.67 225.0
7914	2012 07 21 0005	20 13 54.104	20 13 54.0	+05 03 03.29	1.147	2.109	154.3 16.0	0.51 269.0
7914	2012 07 21 0001	20 13 54.0	20 13 54.0	+05 03 03	0.961	1.927	154.3 15.7	0.52 268.8
7914	2012 07 21 0005	20 13 54.069	20 13 54.0	+05 03 03.28	1.147	2.109	154.3 16.0	0.51 269.0
7914	2012 07 21 0002	20 13 54.0	20 13 54.0	+05 03 03	0.961	1.927	154.3 15.7	0.52 268.8
316651	2012 07 20 0002	19 32 02.070	19 32 01.7	+04 34 45.68	0.439	1.424	154.0 16.9	0.93 176.1
316651	2012 07 20 0001	19 32 01.7	19 32 01.7	+04 34 39	0.490	1.473	154.0 15.9	0.96 177.8
316651	2012 07 20 0009	19 32 02.074	19 32 01.7	+04 34 44.75	0.439	1.424	154.0 16.9	0.93 176.1
316651	2012 07 20 0002	19 32 01.7	19 32 01.7	+04 34 38	0.490	1.473	154.0 15.9	0.96 177.8
6376	2012 07 21 0005	20 30 49.696	20 30 49.7	+01 35 35.07	0.928	1.904	156.9 15.3	0.66 219.9
6376	2012 07 21 0001	20 30 49.7	20 30 49.7	+01 35 35	0.960	1.936	156.9 14.8	0.66 219.8
6376	2012 07 21 0012	20 30 49.667	20 30 49.6	+01 35 34.57	0.928	1.904	156.9 15.3	0.66 219.9
6376	2012 07 21 0002	20 30 49.6	20 30 49.6	+01 35 34	0.960	1.936	156.9 14.8	0.66 219.8
18582	2012 06 23 0005	17 31 43.675	17 31 43.6	+02 08 14.51	0.67880	1.650	153.0 15.6	1.03 312.6
18582	2012 06 23 0001	17 31 43.7	17 31 43.7	+02 08 15	0.766	1.734	153.0 14.9	1.03 312.8
18582	2012 06 23 0012	17 31 43.62	17 31 43.6	+02 08 15.21	0.67880	1.650	153.0 15.6	1.03 312.6
18582	2012 06 23 0002	17 31 43.6	17 31 43.6	+02 08 16	0.766	1.734	153.0 14.9	1.03 312.8

Şekil 6. Beş farklı asteroid için elde edilen yörünge elemanlarından itibaren üretilen rektasansyon, deklinasyon, Arz'a ve Güneş'e uzaklığı, elengasyonu, parlaklığı, hızı ve pozisyon açısı karşılaştırılmıştır. Her bir asteroid için örnek olsun diye iki değer alınmıştır.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Asteroid	Yer	Tarih	Saat (UT)	Rektasansyon(α)	Deklınasyon (δ)	Mag.	Stars	Fark (α) sn	Fark (δ) "
2	1999 EC8	Çanakkale	18.06.2012	23 41 17	18 31 14.74	-02 15 37.5	16.7	21	-	-
3		MPC	18.06.2012	23 41 17	18 31 14.8	-02 15 38.0	16.7		0.06	0.5
4		Astroplot	18.06.2012	23 41 17	18 31 14.744	-02 15 37.34	16.7		0.004	0.16
5		Horizon	18.06.2012	23 41 17	18 31 14.77	-02 15 37.9	16.7		0.02	0.4
6	2 1999 EC8	Çanakkale	18.06.2012	23 42 29	18 31 14.68	-02 15 37.3	16.7		-	-
7		MPC	18.06.2012	23 42 29	18 31 14.7	-02 15 38.0	16.7		0.02	0.7
8		Astroplot	18.06.2012	23 42 29	18 31 14.702	-02 15 37.36	16.7		0.022	0.06
9		Horizon	18.06.2012	23 42 29	18 31 14.72	-02 15 37.9	16.7		0.04	0.6
10	3 1999 EC8	Çanakkale	18.06.2012	23 43 40	18 31 14.65	-02 15 37.4	16.7	21	-	-
11		MPC	18.06.2012	23 43 40	18 31 14.7	-02 15 38.0	16.7		0.05	0.6
12		Astroplot	18.06.2012	23 43 40	18 31 14.661	-02 15 37.37	16.7		0.011	0.03
13		Horizon	18.06.2012	23 43 40	18 31 14.70	-02 15 37.9	16.81		0.03	0.5
14	4 1999 EC8	Çanakkale	18.06.2012	23 44 52	18 31 14.62	-02 15 37.4	16.5		-	-
15		MPC	18.06.2012	23 44 52	18 31 14.6	-02 15 38.0	16.7		0.02	0.6
16		Astroplot	18.06.2012	23 44 52	18 31 14.619	-02 15 37.39	16.7		0.001	0.01
17		Horizon	18.06.2012	23 44 52	18 31 14.67	-02 15 37.9	16.8		0.05	0.5
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Asteroid	Yer	Tarih	Saat (UT)	Rektasansyon(α)	Deklınasyon (δ)	Mag.	Stars	Fark (α) sn	Fark (δ) "
2	1997 XK9	Çanakkale	19.06.2012	00 03 36	17 36 27.52	00 56 59.0			-	-
3		MPC	19.06.2012		17 36 27.6	00 56 59	14.8		0.08	0.00
4		Astroplot	19.06.2012		17 36 27.541	00 56 59.24	14.7		0.02	0.24
5		Horizon	19.06.2012		17 36 27.59	00 56 58.7	14.5		0.07	0.30
6	2 1997 XK9	Çanakkale	19.06.2012	00 04 12	17 36 27.37	00 56 59.4				
7		MPC	19.06.2012		17 36 27.6	00 56 59	14.8		0.23	0.40
8		Astroplot	19.06.2012		17 36 27.509	00 56 59.71	14.7		0.139	0.31
9		Horizon	19.06.2012		17 36 27.55	00 56 59.1	14.5		0.05	0.30
10	3 1997 XK9	Çanakkale	19.06.2012	00 04 48	17 36 27.15	00 56 59.4		229		
11		MPC	19.06.2012		17 36 27.5	00 56 57.0	14.8		0.35	2.40
12		Astroplot	19.06.2012		17 36 27.478	00 57 00.18	14.7		0.32	0.78
13		Horizon	19.06.2012		17 36 27.52	00 56 59.7	14.5		0.37	0.30
14	4 1997 XK9	Çanakkale	19.06.2012	00 05 25	17 36 27.15	00 56 59.6		235		
15		MPC	19.06.2012		17 36 27.5	00 57 00.0	14.8		0.35	0.40
16		Astroplot	19.06.2012		17 36 27.446	00 57 00.66	14.7		0.295	1.06
17		Horizon	19.06.2012		17 36 27.48	00 57 00.2	14.8		0.33	0.60
B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	Asteroid	Yer	Tarih	Saat (UT)	Rektasansyon(α)	Deklınasyon (δ)	Mag.	Stars	Fark (α) sn	Fark (δ) "
2	2012 LZ1	Çanakkale	18.06.2012	20 49 39	20 05 57.71	30 46 34.2	393		-	-
3		MPC	18.06.2012	20 49 39	20 05 57.7	30 46 34			0.01	0.20
4		Astroplot	18.06.2012	20 49 39	20 05 57.645	30 46 45.72	15.7		0.065	11.52
5		Horizon	18.06.2012	20 49 39	20 05 58.08	30 46 18.5			0.37	16.00
6	2012 LZ1	Çanakkale	18.06.2012	20 50 20	20 05 57.82	30 46 50.7		386	-	-
7		MPC	18.06.2012	20 50 20	20 05 57.7	30 46 34			0.12	16.70
8		Astroplot	18.06.2012	20 50 20	20 05 57.752	30 46 58.20			0.068	8.20
9		Horizon	18.06.2012	20 50 20	20 05 57.79	30 46 46.2			0.03	4.50
10	2012 LZ1	Çanakkale	18.06.2012	20 53 41	20 05 58.38	30 47 52.4		42		
11		MPC	18.06.2012	20 53 41	20 05 57.8	30 46 46			0.58	66.00
12		Astroplot	18.06.2012	20 53 41	20 05 58.276	30 47 59.44			0.104	7.04
13		Horizon	18.06.2012	20 53 41	20 05 58.34	30 47 47.3			0.04	5.10
14	2012 LZ1	Çanakkale	18.06.2012	20 54 22	20 05 58.47	30 48 04.5			-	-
15		MPC	18.06.2012	20 54 22	20 05 58.4	30 48 00			0.07	4.50
16		Astroplot	18.06.2012	20 54 22	20 05 58.383	30 48 11.93			0.087	7.43
17		Horizon	18.06.2012	20 54 22	20 05 58.43	30 47 59.5			0.04	4.90

Şekil 7. 1999 EC8, 1997 XK9 ve 2012 LZ1 nolu asteroidlerin tarafımızdan indirgenen konumları diğer MPC, Astroplot ve Horizon tarafından üretilen efemerislerle karşılaştırılması.

üretilen değerlerle hemen hemen aynıdır. Sonuçların birbirine bu kadar yakın çıkması gözlemlerin iyi yapıldığını, konum indirgemede hata yapılmadığını ve kullanılan programların da iyi çalıştığını göstermektedir. CCDSoft ile yapılan indirgemelerde residual filter değerinin 0".1 gibi çok düşük bir değer alınması ve bu hassasiyette bile 30 ila 50 referans yıldızın indirgemede devreye girmesinin etkisinin büyük olduğunu düşünmekteyiz. Diğer üretilen efemerislerle bizim bulduğumuz sonuçların ne kadar uyduğunu görmek için farklı özellikli asteroidler için Şekil 7 hazırlanmıştır. Asteroidlerden biri 2012 LZ1 Haziran gözlem dönemimizde MPC tarafından takip edilmesi acil olan oldukça hızlı (23"/min) asteroidtir. Diğer ikisi 1999 EC8 (0".51/min) ve 1997 XK9 (1".13/min) ana asteroid kuşağına ait asteroidlerdir. Cisim yüksek hızda hareket ettiği zaman üretilen efemerislerin birbirleri ile oldukça farklı olduğu görülmektedir. 2012 LZ1 örneğinde bu farklar sadece bizim sonuçlarımız değil aynı zamanda birbirleri arasında da zaman zaman 60" 'sine varan farklar vardır. Bu bize hızlı hareket eden cisimlerin yörünge elemanlarını ve efemerislerini üretirken çok sayıda gözleme ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Asteroidler üzerine yapılan çalışmaların sadece konum belirleme ve yörünge elemanlarının tayini ile sınırlandırılmaması gerekir. Asteroidlerin parlaklık değişimlerinden yararlanılarak rotasyon peryotlarının tayini, dönme ekseninin yönü, kimyasal yapısı gibi bilgilere ulaşmak mümkündür. Uygun "appletler" kullanılarak çarpma ihtimalleri hesaplanabilir. Bu çarpmanın bölgesel olarak ne zaman nereye çarpacağı da bulunabilir. Şayet çarpma kaçınılmazsa cismin büyüklüğüne, hızına ve çarpma açısına ve çarpacağı bölgenin jeolojik yapısına bağlı olarak oluşturabileceği hasarları da öngörmek mümkündür. Ayrıca, yıllar öncesinden çarpacağı kesinleşen asteroidlere –Apophis'in çarpmanın kaçınılmaz olduğu "keyhole" girmesi halinde sadece 3 rotasyonluk zamanımız kalıyor– uydular göndererek yörüngelerinden saptıracak tedbirlerin alınması üzerine çalışmaların bir an önce başlatılması gerekmektedir.

Arz'ı tehdit eden asteroidlerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Arz'ı tehdit edenlerin erken tespit edilmesi ve sürekli takipte tutulması gerekir. Güzel dünyamızı tehdit eden asteroidlerden korumak için yapılacak gözlemlerin gerçekten hayati önemi vardır.

## 10. Teşekkür

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Biriminin 21183 nolu projesi tarafından desteklenmiştir. Ayrıca, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve İstanbul Üniversitesi Gözlemevi Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne İST60/İST40 teleskoplarını BAP3685 nolu proje kapsamında kullanarak sağladıkları kısmi destekleri için teşekkür ederiz.

## 11. Kaynaklar

<http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>  
<http://asteroid.lowell.edu/cgi-bin/astplot>  
<http://ssd.jpl.nasa.gov/sbfind.cgi#top>  
[http://www.projectpluto.com/find\\_orb.htm](http://www.projectpluto.com/find_orb.htm)  
<http://www.imcce.fr/en/>  
<http://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>  
<http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Asteroids>  
<http://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>

