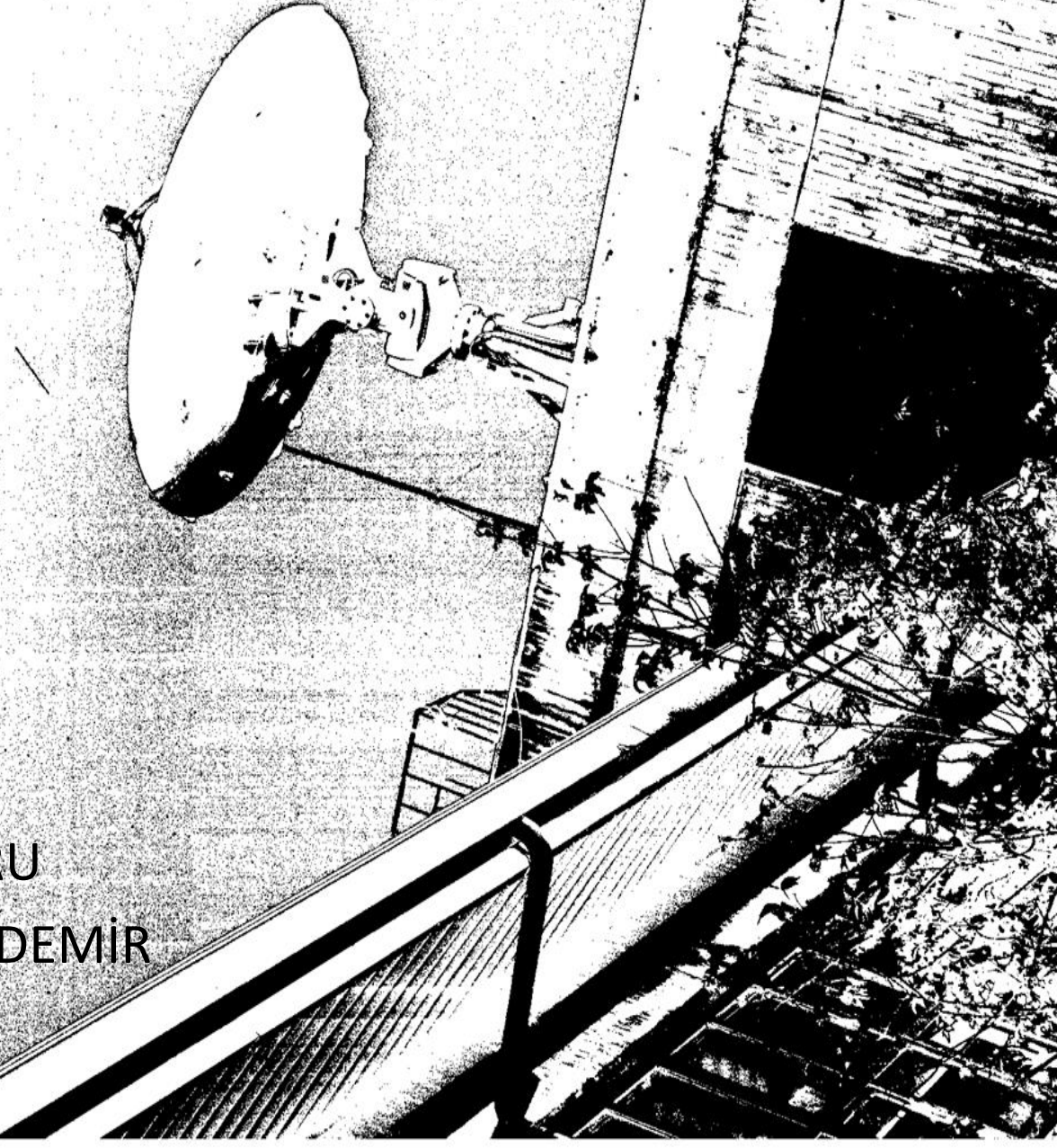


ALÇAK YER YÖRÜNGESİ'NDEKİ YAPAY UYDU ve UZAY ÇÖPLERİNİN, YER TABANLI OPTİK SİSTEMLERLE, YÖRÜNGELERİNİN ÇÖZÜMLENMESİ



Hazırlayan: Seda AYDIN DURU

Danışman: Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR

Çalışmanın Amacı

- LEO yörüngedeki cisimlerin satışa hazır optik sistemlerle yörünge tespiti için yapılabiliirliği göstermek
- Uzay çöplerinin kataloglanmasını katkı sağlamak
- Türkiye'ye ait uyduların gözlemi ve yörüngelerinin tespiti için prototip oluşturmak

Kullanılan Gözlemsel Sistemler

• Optik

- Astro-1 (FOV 8°)
- Baker-Nunn kamera (FOV 33°)
- AMOS (The Air Force Maui Optical Station)- 1.6 m çaplı
- GEODDS (Ground-based Electro-Optical Deep Space Surveillance)
 - Açıklık 40 inç, FOV 2°, 10,000 kat sönük cisim gözlemi (GEO)

• RADAR (Radio Detecting And Ranging)

- 1 m 'den büyük cisimler

• LIDAR (Light Detection and Ranging)

- 400-1,500 km – 10 cm, 2,500 km – 10 cm'den büyük cisimler



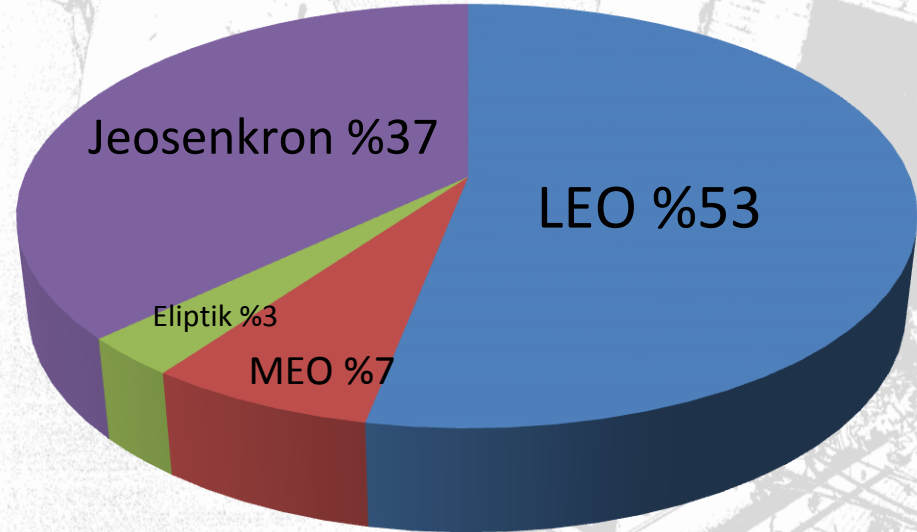
Aktif Uydular

Yörüngedeki aktif uydu sayısı:

- LEO - 655
- MEO - 85
- Eliptik - 37
- GEO - 458

Ülkelere göre dağılım:

- A.B.D - 512
- Rusya - 135
- Çin - 116
- Diğer ülkeler - 472



Son güncelleme 31/07/2014 www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/solutions/space-weapons/ucs-satellite-database.html#.VMVAMC6L0ys

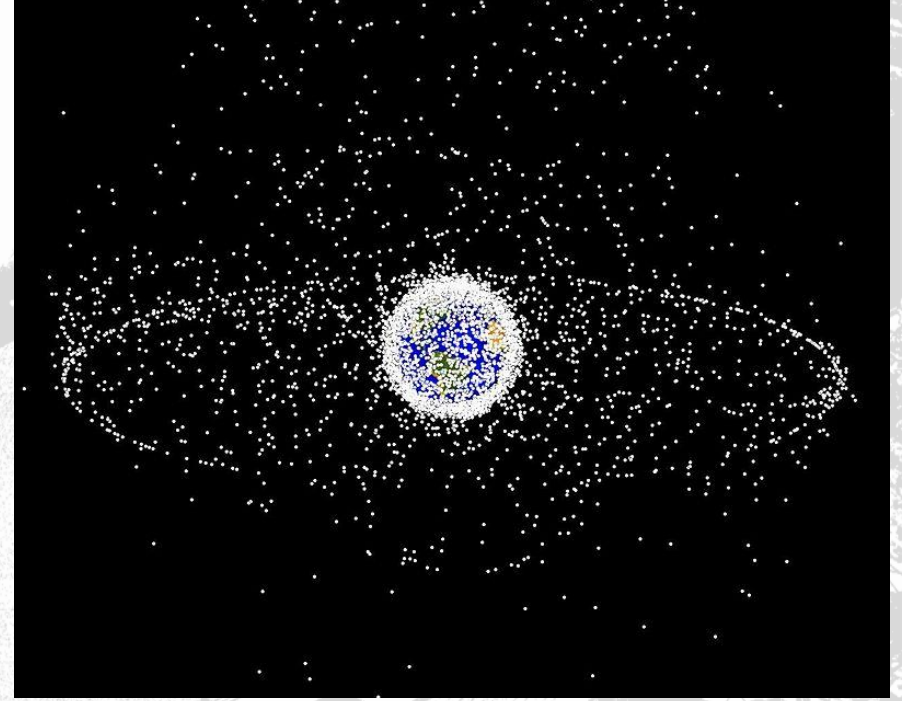
Uzay Çöpü Gözleminin Önemi

Dünya yörüngesinde;

- 21,000'den fazla 10 cm'den büyük,
- Yaklaşık 500,000 adet 1-10 cm,
- 100 milyon adet 1 cm'den küçük cisim dolanmaktadır.

2000 km irtifanın altındaki görevlerde;

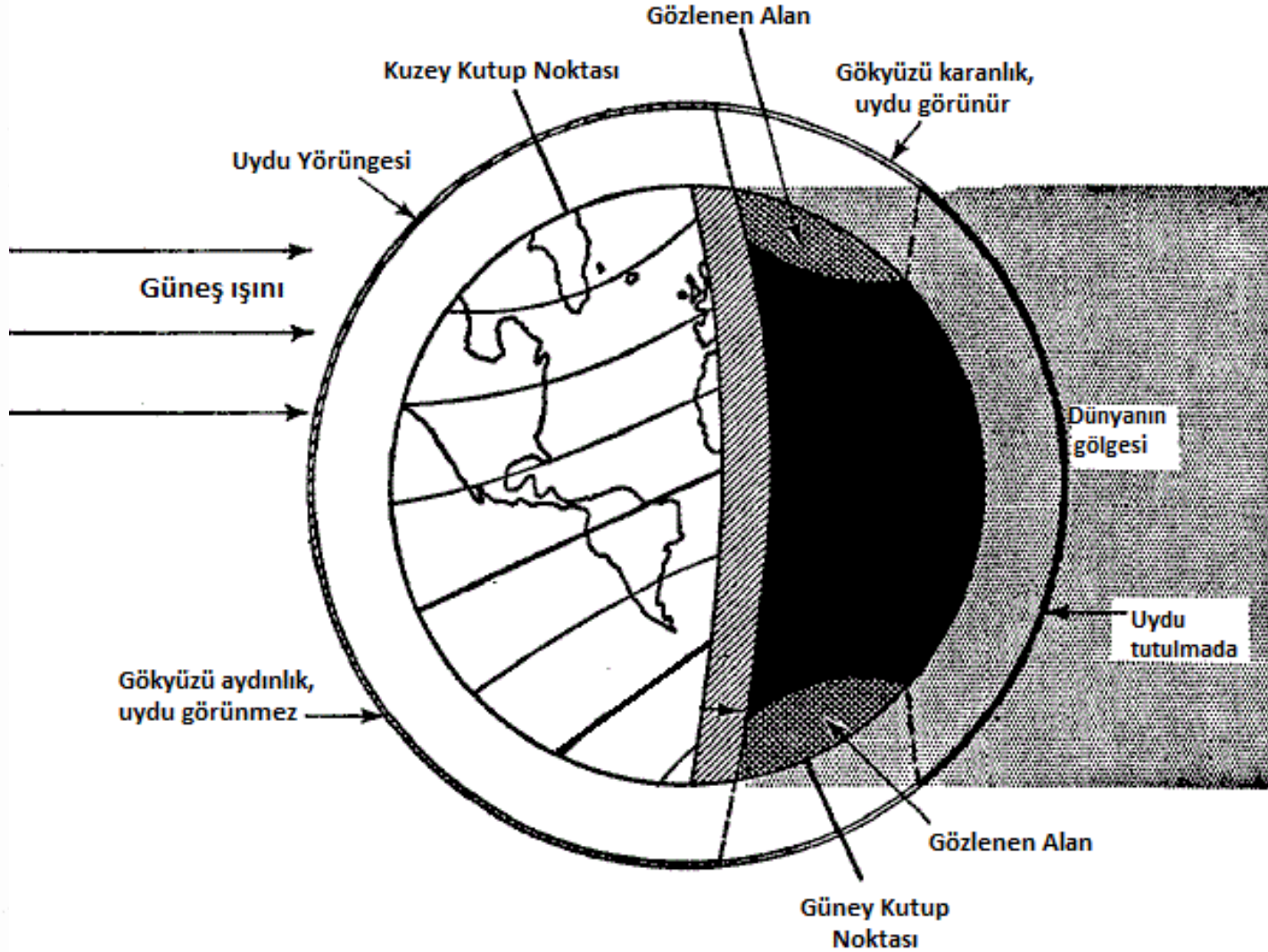
- ≈ 10 cm çapındaki cisimle aktif uydu çarpıştığında, uyduda çok büyük hasara sebep olmaktadır.
- ≈ 1.0 cm çapındaki cisim, uyduyu çalışamaz hale getirebilmektedir.
- ≈ 1.0 mm boyutundaki, uydunun alıcılarını bozabilmektedir.



COTS (Commercial off-the-Shelf/Satışa Hazır) Sistemler

- **Starbrook- İngiltere**
 - Açıklık 10 cm, FOV 6°
 - GEO gözlem, 1.5 m'den büyük çaptaki cisimler
- **CASTOR** (The Canadian Automatic Small Telescope for Orbital Research)
 - Celestron CG 14, robotik teleskop motoru, GPS, Apogee AP-7 CCD
 - 300 – 40,000 km arası irtifada 4000 cisim gözlemi
- **Air University (A.B.D)**
 - Meade LX200GPS, takipte 0.05°, zamanda 0.5 s hassasiyet
- **SeeSat-L**
- **APOSOS** (Asia-Pasific ground-based Optical Space Observation System)
 - Çin, Peru, Türkiye ülkeleri tarafından kuruldu.
 - LEO 11.5^m, MEO ve GEO 16^m parlaklık limiti
 - 1000 km'de 10 cm, 2000 km'de 20 cm boyutundaki cisimler

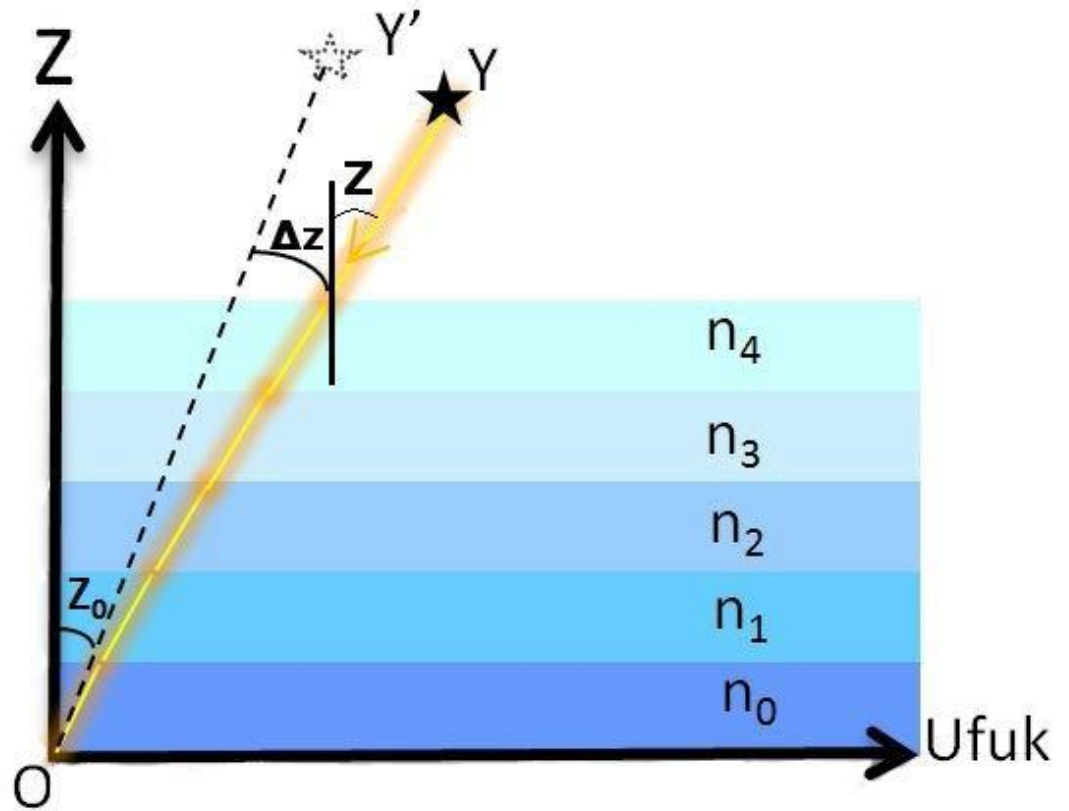
Optik Sistemlerle Uydu ve Uzay Çöpü Gözlem Zamanı



Gözlemlerde Atmosferik Etki

$$z = z_0 + \Delta z$$

$$\Delta z = A \tan z_0 - B \tan^3 z_0$$



Yörünge Tespiti

- **Gauss Yöntemi:** 3 farklı açısal konumdan orta zamanına ait konum vektörünü hesaplamaktadır.
- **Gibbs Yöntemi:** Konum vektörüne bağlı hız vektörünü saptamaktadır.
- Gauss ve Gibbs yöntemlerinden elde edilen konum ve hız vektörlerinden **Kepler Yörünge Parametreleri** hesaplanmaktadır.

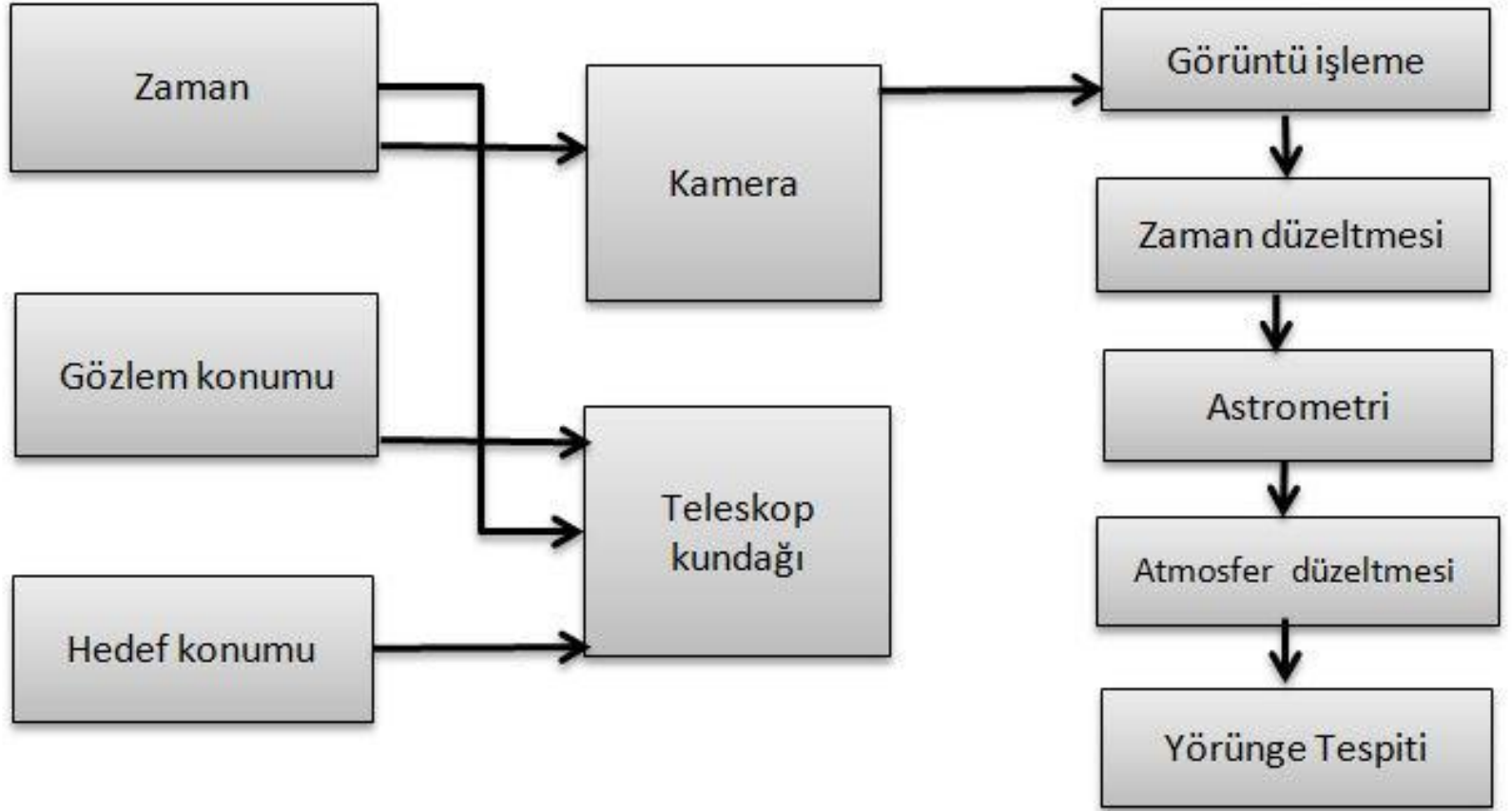


Sistemin Tanıtımı

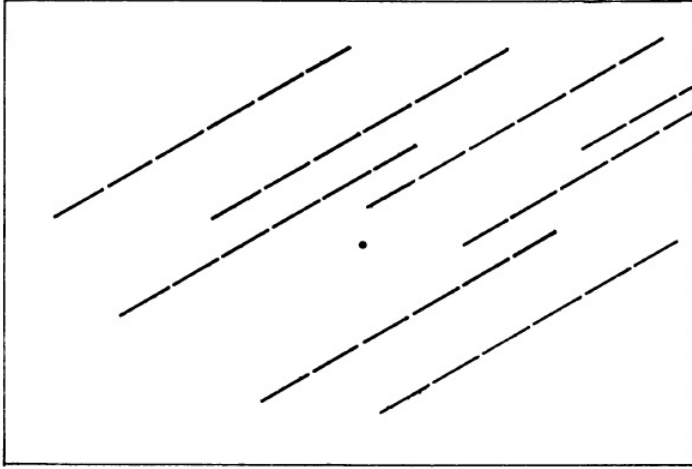
- **Teleskop kundağı:** Celestron C8 SGT (XLT)
- **Kamera:** Prosilica GE4900 (4872 x 3248 pix)
- **Lens:** Apo-Rodagon-D



Sistemin Çalışma Diyagramı

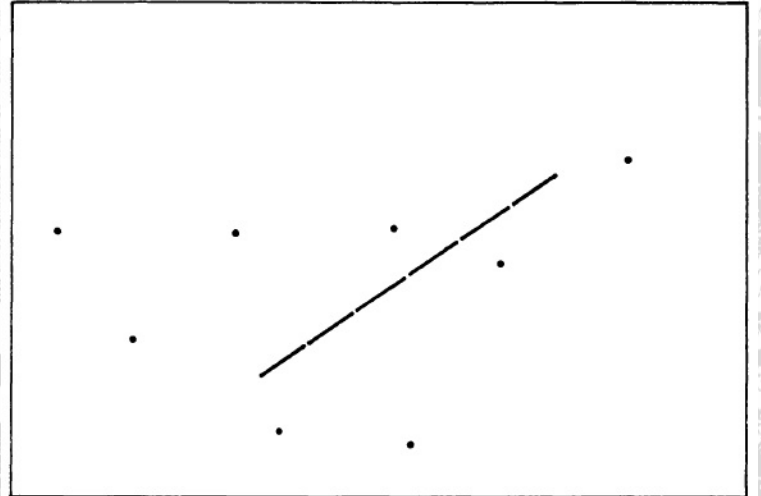


Yöntem Türleri



Takip Yöntemi

İzleme Yöntemi



Gözlem Öncesi Hazırlık

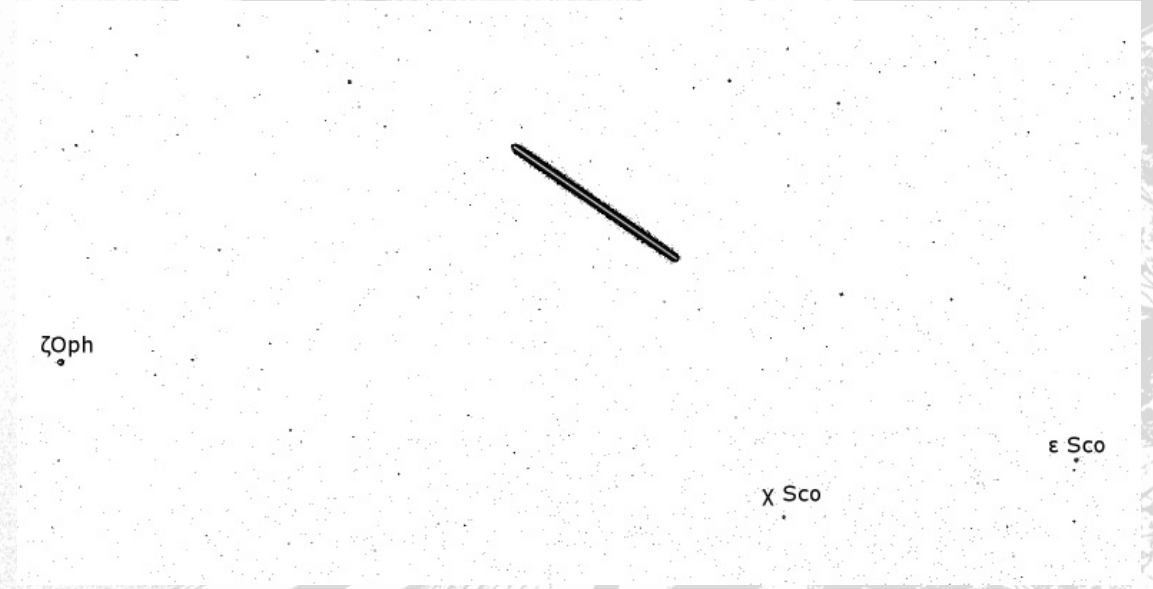
- Tercih edilen yöntem: İzleme Yöntemi.
- Kamera görebildiği max. parlaklık: 10 kadir
- Sistemde gözlenebilen max. Parlaklık: 4.5 kadir
- <http://www.n2yo.com> web adresinden gözlem yerinden parlaklık olarak gözlenebilen cisimlerin listesinin çıkarılması
- STK programı ile oluşturulan listedeki cisimlerin belli aralıklarla konum bilgilerinin elde edilmesi

Ön Gözlem Hazırlığı ve Gözlem Anı

- Hizalama
- Odaklama
- Zaman güncellemesi
- Verilerin yazılıma girilmesi
 - Zaman
 - Hedef cismin konum bilgileri
 - Gözlem yerinin konum bilgileri

Gözlem Sonrası İşlemler

- Zamandaki gecikmenin düzeltilmesi
- Görüntü işleme
- Astrometri*



3 saniye poz süresi ile 05.08.2013 UT 18:07:10.788 bitiş zamanında görüntülenen Uluslararası Uzay İstasyonu

05.02.2015

* <http://www.phys.vt.edu/~jhs/SIP/astrometrycalc.html>

Yörünge Tespit Yazılımı

- Yazılım dili Java'dır.
- Gauss ve Gibbs yöntemleri kullanarak, konum ve hız vektörlerini hesaplamakta,
- Hesaplanan konum ve hız vektörleri kullanarak, Kepler Yörünge Parametreleri'ni elde etmektedir.
- Belirli standartta yazılan .txt uzantılı dosyadaki verileri alarak, hesaplamaları yapmaktadır.

Tarih (gg aa yyyy ss dd ss.sss)	Sağaçıklık(°)	Dikaçıklık(°)	Enlem(°)	Boylam(°)	Yükseklik(km)
21 08 2013 17 48 2.377	276.8500727	-25.0078318	39.8913	32.7786	0.91
21 08 2013 17 48 15.116	276.0614895	-22.2741699	39.8913	32.7786	0.91
21 08 2013 17 52 8.52	163.2232542	73.88979203	39.8913	32.7786	0.91

Gözlenen Cisimlerin Boyutları ve Parlaklıkları

Hedef Adı (NORAD)	Boyut (m)	Parlaklık (kadir)
24298	10.4 x 3.9	2.4 - 3.5
12904	2.8 x 2.6	2.9 - 5.0
25544	109 x 73 x 27.5	(-4.7) - (-2)
20625	10.4 x 3.9	2.3 - 3.5
27422	8 x 2.5	2.7 - 4.0
14208	2.8 x 2.6	2.8 - 5.0
20775	6 x 2.4	2.1 - 5.0

Sonuçlar

Gözlenen ve Hesaplanan Konum Vektörlerinin Karşılaştırması

Hedef Adı (NORAD)	Zaman (gg aa yyyy ss dd ss.sss)	RG (km)			RH (km)*			RG - RH (km)			R _{Fark} (km)
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
24298	3 7 2013 18:50:46.320	-2650.507	-4933.739	4575.829	-2667.122	-4934.279	4570.256	16.614	0.540	5.573	17.532
12904	5 8 2013 18:04:16.881	-1256.172	-5248.171	4336.408	-1277.815	-5278.131	4335.558	21.643	29.959	0.850	36.969
25544	5 8 2013 18:06:10.618	-1577.830	-5451.864	3714.471	-1583.859	-5456.643	3720.614	6.029	4.779	-6.143	9.845
20625	5 8 2013 18:17:29.587	-1719.347	-4892.477	5004.654	-1718.261	-4881.046	5022.924	-1.086	-11.431	-18.270	21.579
27422	5 8 2013 18:45:54.252	-666.209	-5756.796	4208.672	-680.646	-5745.920	4228.043	14.437	-10.876	-19.371	26.494
14208	21 8 2013 17:48:15.116	111.002	-5906.112	3655.367	100.751	-5909.360	3659.993	10.251	3.248	-4.626	11.706
25544	21 8 2013 18:03:43.054	-472.942	-4568.941	4993.863	-483.245	-4569.945	4996.944	10.304	1.005	-3.081	10.801
20775	21 8 2013 18:21:22.314	305.862	-5864.759	4753.011	304.957	-5853.915	4733.216	0.905	-10.843	19.795	22.588

* AGI STK programında hesaplanan değerler

Sonuçlar...

Gözlenen ve Hesaplanan Hız Vektörlerinin Karşılaştırması

Hedef Adı (NORAD)	Zaman (gg aa yyyy ss dd ss.sss)	VG (km/s)			VH (km/s)			VG-VH (km/s)			V _{Fark} (km/s)
		Vx	Vy	Vz	Vx	Vy	Vz	Vx	Vy	Vz	
24298	3 7 2013 18:50:46.320	4.783	2.258	5.168	4.791	2.249	5.199	-0.008	0.009	-0.030	0.033
12904	5 8 2013 18:04:16.881	0.341	-4.660	-5.524	0.336	-4.871	-5.783	0.005	0.211	0.259	0.335
25544	5 8 2013 18:06:10.618	6.224	1.230	4.271	6.249	1.118	4.291	-0.026	0.112	-0.020	0.117
20625	5 8 2013 18:17:29.587	4.700	3.215	4.764	4.729	3.236	4.743	-0.029	-0.022	0.021	0.042
27422	5 8 2013 18:45:54.252	-0.806	4.454	5.926	-0.808	4.473	5.918	0.003	-0.019	0.009	0.021
14208	21 8 2013 17:48:15.116	-1.207	3.885	6.359	-1.210	3.908	6.358	0.004	-0.023	0.001	0.024
25544	21 8 2013 18:03:43.054	6.717	-2.986	-2.103	6.742	-2.992	-2.076	-0.025	0.006	-0.027	0.038
20775	21 8 2013 18:21:22.314	1.384	-3.947	-5.791	1.325	-4.072	-5.686	0.059	0.125	-0.105	0.174

Sonuçlar...

Gözlenen ve Hesaplanan Kepler Yörünge Parametreleri

G ö z l e n e n	Hedef Adı	Zaman	a (km)	e	i (°)	Ω (°)	ω (°)	ϑ (°)	M (°)	$\vartheta+\omega$ (°)	\bar{P} (dk)
	(NORAD)	(gg aa yyyy ss dd ss.sss)									
	24298	3 7 2013 18:50:46.320	7232.232	0.003	70.774	225.200	132.255	269.817	270.180	42.073	102.090
	12904	5 8 2013 18:04:16.881	6922.840	0.001	81.223	83.666	50.585	90.083	89.932	140.668	95.540
	25544	5 8 2013 18:06:10.618	6783.042	0.013	51.924	223.014	134.813	269.266	270.727	44.079	92.661
	20625	5 8 2013 18:17:29.587	7206.875	0.001	70.944	231.165	317.245	90.035	89.965	47.281	101.480
	27422	5 8 2013 18:45:54.252	7162.224	0.003	98.188	269.397	126.590	90.172	89.829	216.761	100.538
	14208	21 8 2013 17:48:15.116	6946.668	0.003	97.335	275.645	301.859	269.817	270.180	211.677	96.034
	25544	21 8 2013 18:03:43.054	6785.099	0.001	51.771	143.008	200.500	269.957	270.043	110.457	92.703
	20775	21 8 2013 18:21:22.314	7555.134	0.071	82.625	98.999	234.829	265.799	273.922	140.628	108.924
H e s a p l a n a n	Hedef Adı	Zaman	a (km)	e	i (°)	Ω (°)	ω (°)	ϑ (°)	M (°)	$\vartheta+\omega$ (°)	\bar{P} (dk)
	(NORAD)	(gg aa yyyy ss dd ss.sss)									
	24298	3 7 2013 18:50:46.320	7227.992	0.002	70.814	225.137	156.925	245.048	245.294	41.973	101.926
	12904	5 8 2013 18:04:16.881	6940.550	0.004	81.255	83.445	33.581	107.277	106.822	140.858	95.907
	25544	5 8 2013 18:06:10.618	6795.009	0.001	51.596	222.543	96.555	307.797	307.870	44.352	92.906
	20625	5 8 2013 18:17:29.587	7219.456	0.002	70.935	231.005	106.988	300.483	300.694	47.471	101.746
	27422	5 8 2013 18:45:54.252	7173.379	0.003	98.268	269.340	104.445	292.153	292.430	36.598	100.773
	14208	21 8 2013 17:48:15.116	6929.688	0.003	97.388	275.583	230.112	161.954	161.835	32.066	95.682
	25544	21 8 2013 18:03:43.054	6789.610	0.001	51.678	143.215	28.763	81.485	81.391	110.248	92.796
	20775	21 8 2013 18:21:22.314	7228.456	0.065	83.012	98.662	273.919	226.815	232.455	140.734	101.936

Sonuçların Deęerlendirmesi

Oluşturulan sistemin hassasiyeti, konumda 0.1° , zamanda $0.5-1.0$ s 'dir. Bazı durumlar dikkate alındığında, sistemin hassasiyeti artırılabilir:

- GPS kullanımı
- Atmosfer etkisinde diğer etkilerin hesaba katılması
- Takip sistemi'nin kullanımı
- Astrometride daha fazla referans yıldız kullanımı
- Yörünge tespiti için, cismin daha fazla gözlemlerinden fit oluşturarak, yörüngeyi iyileřtirilmesi
- Farklı coğrafik yerlerden gözlem yapılması

Kaynaklar

- Aftergood, S. 1997. Web Sitesi: <http://fas.org/spp/military/program/track/geodss.htm> Erişim Tarihi: 07.08.2014.
- Bennet, F., Rigaut, F., Ritchie, I., Smith, C. 2014. Web Sitesi: <http://spie.org/x109225.xml> Erişim Tarihi: 07.08.2014.
- Curtis, H. 2005. Orbital Mechanics for Engineering Students. Elsevier Butterworth-Heinemann. Embry-Riddle Aeronautical University. Florida, USA.
- Earl, M. A., Racey, T. J., 1999. The Canadian Automatic Small Telescope for Orbital Research (CASTOR), Canada. http://www.castor2.ca/08_Papers/CASTOR_MAUUI_99.pdf. Erişim Tarihi: 12.10.2011.
- Earl, M. A., Racey, T. J., 2000. Progress in Research and Development on the CASTOR K Satellite Tracking Facility, Canada. http://www.castor2.ca/08_Papers/casi_2000.pdf. Erişim Tarihi: 12.10.2011.
- Earl, M. A. 2013. http://www.castor2.ca/01_CASTOR/wp_1_intro.pdf Erişim Tarihi: 07.08.2014
- Eikenberry, S. 2014. Observational Techniques for Astronomy., Florida, USA. http://www.astro.ufl.edu/~eiken/AST6725_files/Lecture_1_Intro.pdf Erişim tarihi: 05.09.2014.
- Hunt, J., 2006. Introduction to Visual Satellite Observing. Albenia. <http://home.hiwaay.net/~sattrack/Satintro.pdf> Erişim Tarihi: 21.12.2012.
- Kovalevsky, J. 2002. Modern Astrometry. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2nd ed., 33-36s., France.
- Marche, J. D. 1990. Web Sitesi: <http://www.phys.vt.edu/~jhs/SIP/astrometrycalc.html> Erişim Tarihi: 13.10.2011
- Schmunk, M. M. 2008. Initial Determination of Low Earth Orbits Using Commercial Telescopes. Master Thesis. Air Force Institute of Technology Air University, Ohio, USA.
- Shoemaker, M. A., Shroyer, L. E. 2007. Historical Trends in Ground-Based Optical Space Surveillance System Design. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2007amos.confE...1S> Erişim Tarihi: 18.02.2012.
- Vallado, D. A., 2001. Fundamentals of Astrodynamics and Applications" - 2rd ed. Microcosm Press. USA.
- Veis, G. 1963. Optical Tracking of Artificial Satellites. Volume 2, pp 250-296.0038-6308. kluwer Academic Publishers. Smithsonian Astrophysical Observatory, Massachusetts, USA.
- Xiaozhong, G. 2011. Asia-Pasific ground-base Optical Satellite Observation System APOSOS. http://swfound.org/media/50867/Guo_APOSOS.pdf Erişim Tarihi: 10.12.2012.

05.02.2015

TEŞEKKÜRLER...