



## **TÜRKSAT Gözleminde Gerçekleştirilen GEO Kuşak Uydu Gözlem Faaliyetleri**

**Ali Nur Nurbaki<sup>1,2</sup>, Hasan Hüseyin Ertok<sup>1</sup>, Bayram Yıldız<sup>1</sup>, Derya Baş<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>TÜRKSAT Uydu Haberleşme, Kablo TV ve İşletme A.Ş., Ankara, Türkiye.  
<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

**Özet:** Bu çalışmada Ankara Gölbaşı TÜRKSAT yerleşkesinde 2013 yılında kurulmuş bulunan TÜRKSAT gözleminde gerçekleştirilen TÜRKSAT uydularının gözlemleri, gözlem verilerinin işlenerek yörüngelerinin belirlenmesi faaliyetleri ile ilgili genel bilgiler verilecektir. Uydu güvenliği bağlamında çarpışma risklerinin hesaplanacağı ve gerekli uyarıların üretileceği proje çalışmalarından bahsedilecek, gelecek hedefleri tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Türksat uyduları, sadece aç gözlemleri, yörünge belirleme, çarpışma analizi

**Abstract:** In this study general information will be given about activities on observations of TURKSAT satellites, determination of orbits via processing of the observation data performed at TURKSAT Observatory. Project studies about computation of the collision risks and production of necessary alerts in the context of satellite security will be mentioned and future objectives will be discussed.

**Key Words:** Turksat satellites, angles-only observations, orbit determination, collision analysis

### **1. Giriş**

TÜRKSAT Gözlemevi Ankara, Gölbaşı'nda bulunan TÜRKSAT ana yerleşkesinde kurulmuş olup Eylül 2013'te faaliyete geçmiştir. Gözlemevi, gözlemevi binası ve kontrol ofisi olmak üzere iki ünite halinde inşa edilmiştir.

### **2. TÜRKSAT Gözlemevi**

- TÜRKSAT Gözlemevi optik sistem ana bileşenleri:
- Officina Stellare 50 cm f/8 optik tüp,
  - GM4000 HPS ekvatorial kundak,
  - 8 cm SkyWatcher bulucu dürbün,
  - TCS Autofocuser,
  - FLI ProLine 4240 CCD kamera (2048x2048 çözünürlük),
  - FLI 12'li filtre tekeridir.

Zemin oturumu 5 m çapında olan Gözlemevi binasında teleskop pilyesi binadan yalıtılmış ve 2,5 m derinliktedir.

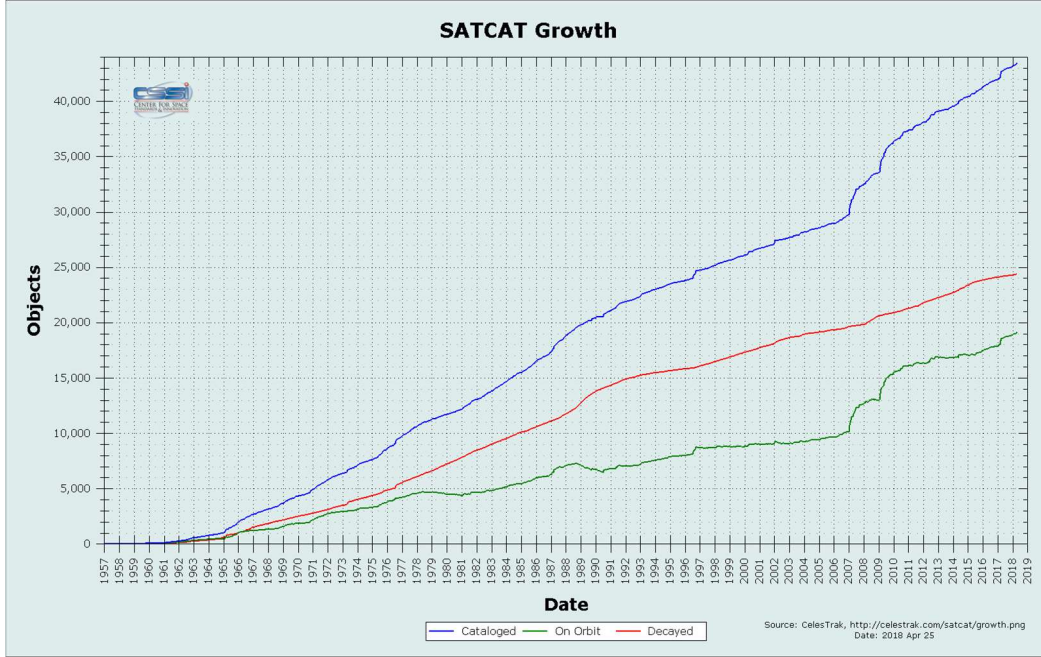
Ash Dome kubbe tam otomasyonludur ve çift açılır kapak sistemine sahiptir. Ayrıca gözlemevi binasında 6 kw kesintisiz güç kaynağı ile portatif klima ve nem alıcı mevcuttur.

Konteyner ofis 21 m<sup>2</sup> genişliktedir. Yine 6 kw kesintisiz güç kaynağının bulunduğu yapıda Davis meteoroloji istasyonu, hava kalite ve yağmur sensörü ile 360<sup>0</sup> gökyüzü kamerası bulunmaktadır.

### **3. Uzak Trafik**

1957 yılından günümüze kadar çeşitli büyüklüklerde 45000'e yakın yapay uzay cisimi kataloglanmıştır. Bu cisimlerden 25000 kadarı yörüngelerinden çıkmış, 2018 yılı itibarı ile yaklaşık 19000 tanesi ise dünya çevresinde bir yörüngede yer almaya devam etmektedir. 2007 yılından bu yana yapay uzay cisimlerinin sayısında büyük bir artış yaşanmaktadır. Bu yapay uzay cisimleri(YUC); faaliyet halindeki uydular ile faaliyet ömrü dolmuş uydular, roket kademeleri vs. gibi fırlatıcı parçalarından meydana gelmektedir. Üzerine etkiyen kuvvetin Yer'in basıncı, Ay'ın ve Güneşin çekim alanı etkisi, atmosferik sürtünme, Güneş'in ışınım basıncı gibi etkilerden dolayı zaman içinde değişken olması yörüngelerde bozulmalara neden olmaktadır. Bozulmaların olması özellikle faal uyduların dışında kalan uzay çöplerinin takibini gerektirmektedir. Bunun yanında uydu sayılarının hızla artıyor olması aktif uydular için büyük risk oluşturmaya başlamıştır. Özellikle alçak yörünge (LEO) uyduları için uluslararası bir uzak trafik yönetimine zemin hazırlayacak yeterli düzenleme mevcut olmadığından gelecekte bu bölgenin nasıl kontrol edileceği bir muammadır. Bunun yanında yer yüzeyinden yaklaşık 36000 km uzaklıkta bulunan ve ekvator düzleminde Yer'le senkron dönen yerdurağan (geostationary) uydular (GEO) için sınırlı sayıda pozisyon bulunduğundan uydu konumlandırılacak pozisyonlar ve deorbit operasyonları için uluslararası regülasyonlar işletilmekte, bu bölgenin korunması için ek tedbirler alınmaktadır.

\*Sorumlu Yazar E-Posta: [ali.nurbaki@ogr.istanbul.edu.tr](mailto:ali.nurbaki@ogr.istanbul.edu.tr)



**Şekil 1:** Yıllara göre yapay uzay cisimi sayıları. En üstteki eğri toplam sayıyı, ortadaki eğri yörüngesi bozularak dünyaya dönen ya da yörüngeden çıkan cisim sayısını, en alttaki eğri ise yörüngede kalan cisim sayısını ifade etmektedir. (celestrak.com, 2018)

### 3. TÜRKSAT Uyduları

GEO kuşak yörüngede 500'e yakın aktif haberleşme uydusu hizmet vermektedir. Ülkemizin haberleşme uydusu operatörü olan TÜRKSAT A.Ş.'nin bu yörüngede 2018 itibarı ile 3 adet aktif uydusu bulunmaktadır. Yeni uydu projeleri ile bu sayının 2024 yılına kadar 8'e ulaşması hedeflenmektedir.



**Şekil 2:2a-**Solda TÜRKSAT uydularının yaklaşık 90 km yakınında görev süresi dolmuş bir Rus uydusu. **2b-**sağda TÜRKSAT 4A, 2A ve 3A uydularının 5 saatlik yer takip izleri (TÜRKSAT Gözlemevi,2013)

TÜRKSAT'ın sahip olduğu uydu sayısının ve özellikle 42 derece Doğu boylamındaki uydu yoğunluğunun artması nedeniyle uydular arası mesafelerin daha hassas, sık ve kesin olarak ölçülmesi, muhtemel çarpışma analizlerinin yapılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu bağlamda TÜRKSAT uyduları ve yakınındaki gök cisimlerinin elde edilen görüntülerinin işlenerek yörüngelerinin belirlenip, uydularımız ile diğer uydu ve gök cisimlerinin aralarındaki mesafelerin belirlenerek çarpışma risklerinin hesaplanabileceği TÜBİTAK destekli bir proje başlatılmıştır.

#### 4. GEO Kuşak Uydu Gözlemleri

Projenin önceliği olan yörünge belirleme ve çarpışma analizinin ana aşamaları şunlardır:

- Optik gözlemlerle uyduların gözlem zamanı için gök koordinatlarının belirlenmesi,
- Belirlenen gök koordinatlarının “Sadece Açılış Başlangıç Yörünge Belirleme (BYB)” algoritmaları (Gauss, Laplace, Gooding) kullanılarak Kepler ve Kartezyen yörünge parametrelerine dönüştürülmesi,
- Elde edilen yörünge parametrelerinin bu sefer istatistik ve stokastik yöntemler (En Küçük Kareler Yöntemi, Kalman tipi filtreler, düzelticiler) kullanılarak “Hassas yörünge belirlemesinin (HYB)” gerçekleştirilmesi,
- Önceden belirlenen yakın uydu pozisyonu grupları için çarpışma risklerinin hesaplanması.

#### 4.1 Görüntü işleme ile koordinatların belirlenmesi

Değişik poz sürelerinde çekilen dijital görüntülerin elde edilmesinin akabinde, kalibre edilerek sistematik ve fiziksel hatalardan arındırılır. Bundan sonra bilinen referans yıldızların konumlarından, görüntünün içindeki uyduların gök koordinatları elde edilir (Maxim DL, Astrometrica kullanılarak doğrulanabilir).



Şekil 3: TÜRKSAT 2a-3a-4a Uydularının sidereal takip izleri (TÜRKSAT Gözlemevi, 2015)

#### 4.2 Yörünge parametrelerinin hesaplanması

Elde edilen uydu konum ve zaman bilgileri kullanılarak BYB ve akabinde HYB gerçekleştirilir. Buradaki süreçte BYB algoritmaları farklı açılış pozisyon aralıklarında farklı davrandığından gözlem verisinin durumuna göre hangi algoritmanın kullanılacağına karar verilmelidir.

HYB gerçekleştirilirken önce EKKY ardından Kalman filtresi, ardından düzeltici kullanmak sağlıklı bir seçim olacaktır.

SemiMajorAxis	42647.3 km
Eccentricity	0.00855822
TrueArgofLatitude	143.868 deg
Inclination	0.0723947 deg
RAAN	64.0851 deg
ArgofPerigee	132.117 deg
SemiMajorAxis	41997.7 km
Eccentricity	0.00642984
TrueArgofLatitude	101.728 deg
Inclination	0.063163 deg
RAAN	106.222 deg
ArgofPerigee	226.434 deg

Şekil 4: **4a** Yukarıda Gooding yöntemi ile elde edilmiş yörünge parametreleri(BYB) ve **4b** Aşağıda EKKY ile elde edilmiş yörünge parametreleri (ODTK 2016)

#### 5. Sonuçlar

-Uydu güvenliği gün geçtikçe önemi artan Dünya üzerinde uluslararası düzenlemelerin olgunlaşması akabinde de vazgeçilmez bir paradigmaya dönüşecek bir konudur. Bu konudaki literatür halen yeterli olmayıp ülkeler kendi çalışmalarını kendi güvenlikleri için saklama eğilimindedirler.



## 6. Kaynaklar

- Baş Derya, 2015, Satellite Orbit Determination via Optical and Radar Systems, MSc Thesis, İTÜ
- Bennett, J. C. et al, 2015, Orbital Element Generation for an Optical and Laser Tracking Object Catalogue AMOS 2015 Technical Conference, Maui, Hawaii
- Choi, J. et al 2015, Analysis of the angle-only orbit determination for optical tracking strategy of Korea GEO satellite, COMS. Advance in Space Research, 56, 1056-1066.
- Dainty, C. et al 2007, Improving Geostationary Satellite GPS Positioning Error Using Dynamic Two-Way Time Transfer Measurements. 39th Annual Precise Time and Time Interval (PTTI) Meeting, Long Beach, CA : November 26-29.
- Giannitrapani, A. et al 2011, Comparison of EKF and UKF for spacecraft localization via angle measurements. IEEE Transactions On Aerospace and Electronic Systems, 47:1.
- Guo, R., et al 2010, Orbit determination for geostationary satellites with the combination of transfer ranging and pseudorange data. Science China, 53:9, 1746–1754.
- Helleputte, T.V., Visser, P. 2008, GPS based orbit determination using accelerometer data. Aerospace Science and Technology, 12, 478–484.
- Hugentobler, U., Beutler, G. 2003, Strategies for precise orbit determination of low earth orbiters using the GPS. Space Science Reviews, 108, 17–26.
- Hwang, Y., et al 2008, Orbit determination accuracy improvement for geostationary satellite with single station antenna tracking data. ETRI Journal, 30:6.
- Jia, P.Z., Xiong, Y.Q. 2006, An orbit determination algorithm by means of the satellite-borne GPS data and Kalman filter. Elsevier B. V. doi: 10.1016/j.chinastron.2006.04.008.
- Lee, B.S., et al 2005, Orbit determination system for the KOMPSAT-2 using GPS measurement data. Acta Astronautica, 57, 747 – 753.
- Lei, H., et al 2011, Geostationary orbit determination using SATRE. Advances in Space Research, 48, 923–932.
- Mander, A., Bisnath, S. 2013, GPS-based precise orbit determination of Low Earth Orbiters with limited resources. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 17, 587–594.
- Mikhailov, N.V., et al 2011. Autonomous satellite orbit determination using spaceborne GNSS receivers. Gyroscopy and Navigation, 2: 1, 1–9.
- Montenbruck, O. Gill, E. 2005. Satellite Orbits-Models, Methods and Applications, 3rd Edition, Springer
- Montejo, F.J., et al 2010, Astrometric positioning and orbit determination of geostationary satellites. Advances in Space Research, 47, 1043–1053.
- Tapley, B. D., Schutz, B. E., and Born, G. H., 2005, Statistical Orbit Determination, Academic Press.
- Vetter R. Jerome, 2007, 50 Years of Orbit Determination. John Hopkins APL Technical Digest, Volume 27, Number 3
- Vallado, D., 2013. Fundamentals of Astrodynamics and Applications, 4th Edition, Microcosm Press
- Wang, X. 2013, A robust method of preliminary orbit determination. Chinese Astronomy and Astrophysics, 37, 455–463.
- Wu, S., et al 2012, Precise orbit determination of GEO satellite based on helmert variance component estimation method. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Yang, Y., et al 2013, Satellite orbit determination combining C-band ranging and differenced ranges by transfer. Chinese Science Bulletin, 58:19, 2323-2328.
- Yoshikawa, M., et al 2005, Summary of the orbit determination of NOZOMI spacecraft for all the mission period. Acta Astronautica, 57, 510 – 519.
- Zhao, G., et al 2012, Precise orbit determination of Haiyang-2 using satellite laser ranging. Chinese Science Bulletin, 58:6, 589-597.