

GEODEZİK SATELİTLER

Yazan : Ergun UĞUR
Yük. Müh. Bnb.

ASTRONAVTİK :

Atmosferin üstünde, serbest boşluğun içinde, uçan bir cismin bağlı bulunduğu yasaları kapsamına alan bilim dalına "Astronavtik" denir. Astronavtiğin bugünkü gücü, uygun bir taşıyıcı roket yardımıyla, bir kapsülü serbest boşluğa yollamaya yeterlidir. Ancak kimyasal maddelerdeki itme kuvvetinin sınırlı oluşu ve hava tabakalarında hasıl olan sürtünmeyle yerin çekimi, bu kapsülü dilediğimiz yüksekliğe atmamızı engellemektedir.

Eğer taşıyıcı raketteki itici madde bütünü yapı bitinceye kadar kapsül yatay yönde en az saniyede 7-8 km. lik bir hız kazanmışsa, bu kapsül yapma uydu (=satelit = suni peyk) olarak yerin çevresinde dönebilir.

Ortalama saniyede 11,2 km. lik bir hız elde edilebilmesi hâlinde ise kapsül, yapma bir planet olarak, yerin çekim alanını bütünü terk edip Güneşin çevresindeki bir yörüngede hareket edebilir.

Yapma uyduların ömürleri, yani yerin çevresindeki dönme sayıları, herşeyden önce, yerden uzaklıklarına bağlıdır. Atmosferin dışında da dağınık ve az yoğun bir şekilde hava molekülleri bulunduğu için, kapsülün, bu moleküllerin direnci karşısında, hızı gittikçe azalır. Düşen hız yükseklik kaybına sebep olacağından bir süre sonra atmosferin içine giren kapsül, buradaki sürtünmenin büyüklüğü yüzünden çarçabuk akkor haline gelip boşluğun içine dağılır.

GEODEZİK UYDULAR :

Geodezik maksatlarla satelit gözetlemede bir ilerden kestirme yöntemi söz konusu olduğundan, satelitin mümkün olduğu kadar yere yakın hareket etmesi istenir. Bu yüzden ömürleri oldukça kısa olan geodezik satelitler genel olarak iki maksatla gözetlenirler :

- a) Yüksek bir hedef olarak (Geometrik yöntem)
- b) Çeşitli kuvvet alanları içinde hareket eden bir cisim olarak (Dinamik yöntem).

Uyduyu yüksek bir hedef olarak kullandığımızda yerin yapısını geometrik yönden irdelemiş ve bildiğimiz üçgenleme (= Triangulasyon) sistemini iki buluttan kurtarıp, uzaklık ölçme yöntemlerinin yardımıyla, bir üç buutlu Triangulasyon sistemi ortaya koymuş oluruz.

Buna karşılık dinamik yöntemde doğrudan doğruya yapma uydunun yörünge eğrisini etkileyen kuvvet alanlarının tetkiki gerekmektedir. Eğer yerin çekim kuvveti dışında yörünge eğrisini etkileyen kuvvetleri elemine edebilirsek, bu şekilde düzeltilmiş yörüngeden yerin gravitasyon alanını hesaplamak mümkün olur.

Bilindiği gibi Yüksek Geodezinin asıl görevi, yeryüzü noktalarının koordinatlarını ortak bir sistemin içinde hesap etmek, yani ortak bir şart yüzeyi ortaya çıkarmaktır. Şimdiye kadar astronomik—geodezik ölçülerle bulunan koordine değerleri relatif büyüklüklerdir; çünkü daima fiziksel yeryüzünde yapılmış ölçülerin, parametreleri matematik yoldan hesaplanmış bir elipsoid üstündeki, izdüşümleri ile çalışmak zorunluğu mevcuttur.

Fakat eğer bütün yeryüzü için ortak bir elipsoid bilinirse, o zaman gravitasyon merkezine ve rotasyon eksenine bağlı mutlak bir koordinat sistemi elde edilebilir. Çünkü şimdilik yalnız bir hipotez olarak bilinen "Ortalama Yer Elipsoidi", yerin şekline büsbütün intibak eden, toplam potansiyeli yerin toplam potansiyeline eşit, küçük eksenini yerin dönme eksenineyle çakışmış olan elipsoiddir.

Böyle mutlak ve homogen bir koordinat sistemi yaratmak bugün için ancak satelit ölçüleriyle mümkün görünmektedir.

GEOMETRİK YÖNTEMİN YARARLARI :

Geometrik yönden düşünülünce satelit gözetmeler yoluyla koordinat tesbitinde :

- a) φ ve λ astronomik büyüklüklerin tersine, yerçekimi alanına ve çekül doğrultusuna tabi olmıyan değerler elde edilir.
- b) Klasik Triangulasyondakinin aksine, ölçü için istasyonlar arası görüş açıklığına ihtiyaç yoktur.
- c) Değerler arasında ölçek ve oriantasyon birliği vardır.
- d) Fiziksel yeryüzünün rasat ışınları üstündeki refraksiyon etkisi, burada söz konusu değildir.

ULUSLARARASI GEODEZİ CEMİYETİ VE YAPMA UYDULAR :

1964 yılı Aralık ayında IAG (International Association of Geodesy) 'nin Paristeki merkezinde ABD, Batı Almanya, Belçika, Çekoslovakya, Danimarka, Fransa, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, Norveç, Portekiz, Polonya, Romanya, Rusya ve Yunanistan'dan gelen delegelerle, yapma uyduların Geodezide kullanılması konusunda, bir toplantı akdedildi.

Yirmiye aşkın konferans ve çeşitli tartışmalarda, genel olarak, geodezik uyduların durum ve perspektifleriyle pratikte kullanışları ve değerlendirilmeleri konularında görüşler teati edildi.

BIRKAÇ GEODEZİK UYDU :

1965 yılı sonlarına kadar, yukarki konferansların da ışığında, beş Amerikan uydusu, geodezik maksatlarla, boşluğa gönderilmiştir. Echo I, Echo II, Secor II, ANNA 1B ve Explorer XXII adlarını taşıyan bu beş yapma uydudan özellikle son üçü yalnız geodezik maksatlar için hazırlanmıştır.

1957 yılında yerin çevresini ilk defa dolaşan Sputnik'le bile, yerden yüksekliği çok fazla olduğu halde, Krassowski Elipsoidine yakın bir basıklık nisbeti tesbit edilebilmiştir. Fakat geodezik koşulları karşılayabilen ilk yapma uydu, ortalama 1600 km. lik yüksekliği, 2 nci dereceden bir yıldıza tekabül eden parlaklığı ve 47,2° lik yörünge eğikliğiyle, 1960 yılında boşluğa gönderilen Echo I olmuştur. Fakat Echo I de dahil bütün önceki yapma uydular pasif uydulardı; yani yalnız Güneş ışınlarını yeryüzüne yansıtarak yerlerini belirtiyorlardı.

İlk defa 1962 yılında gönderilip yerden ortalama 1000 Km. yükseklikte dönmesi sağlanan ANNA 1B ile yeryüzüne belli aralıklarla ışık sinyalleri yollanmaya başlandı. ANNA 1B aynı zamanda bir elektronik uzaklık ölçme sistemini de içinde taşıyordu.

1964 Ocak ayında gönderilen ve aynı yükseklikte dönmesi sağlanabilen, 16 Kg. ağırlığındaki Secor II ise herhangi bir yeryüzü noktasının x, y, z koordinatlarını tesbitte kullanıldı. Secor II, üçünün koordinatları belli dört yeryüzü noktasından gözetlenerek aynı anda uzaklıklar ölçüldü. Bu sayede belli üç noktanın yardımıyla önce satelitin gökyüzündeki yeri tesbit edilip, daha sonra buradan hareketle, birçok geriden kestirme hesaplarının ortalaması olarak bilinmeyen noktanın koordinatları çıkarıldı.

Geometrik yöntem olarak adlandırdığımız bu çalışmalarda, uydu yörüngesi parametresinin bilinmesine lüzum olmuyordu. Secor II gözetlemesinde 6 dakikalık bir zaman içinde dört yeryüzü noktasından 29.000 kadar uzaklık ölçüldü; bu ölçü anları elektronik saatlerle tesbit edilip gerekli hesaplar elektronik hesap cihazlarında yürütüldü.

Secor II den bu yana bugüne kadar gönderilen satelitlerde, en büyük ölçü doğruluğunu sağlayabilmek için, uzaklık ölçme sistemlerine bir sıra yenilikler getirilmiş, çeşitli kuvvet alanlarının etkilerini tesbit edebilmek, karalar üzerindeki seyri mümkün olduğu kadar uzun süreli tutabilmek için yörünge düzlemi eğikliğini büyütme ihtiyacı duyulmuştur.

YAPMA UYDULARIN GÖZETLENMESİ :

Genel olarak astronomik gözetlemelerdeki hatalar ($m_\varphi \approx \pm 0",2$ $m_\lambda \approx \pm 0,02$) şakül sapmalarının etkisine nazaran (en çok 10") daha küçüktürler. Bu yüzden satelit ölçülerinin tercih edilebilmesi için sonuçta elde edilen yeryüzü koordine değerlerinin en az 50-60 m. kesinliğe sahip olmaları gerekir. Prensip olarak hataların uzaklıkla doğru orantılı arttığı ve satelit pozisyon hatasının yeryüzü koordine değerlerinin hatalarını doğurduğu düşünülerek yapılan hata hesaplarıyla bir geodezik satelit yerini ortalama + 5 m. kesinlikle tesbit etmemiz gerektiği bulunur.

Yerden 1000 km. yükseklikte, saniyede 7-8 km. lik bir hızla hareket etmekte olan bir satelit buna tekabül eden açısal hızı saniyede ortalama 1,5° kadar olduğuna göre 5 m. lik doğruluk için +1" lik bir açı doğruluğuna ihtiyaç vardır. Bu doğruluk ise ancak zaman registrasyonunda + 0,0006" lik doğruluğu elde edebilmekle mümkündür.

Buradan satelit gözetlemesindeki asıl problemin çok kesin zaman ölçümü problemi olduğu ve yeryüzü koordine değerleri doğruluğunun da buna bağlı bulunduğu ortaya çıkar.

Açı bölümünde aranan yüksek doğruluk derecesi, satelit gözetlemesinde fotografik yöntemi zorunlu kılmıştır. Bu yöntemle herhangi bir anda satelit arkadaki yıldız projeksiyon düzlemi üzerindeki relatif yeri tesbit edilir. Belli zaman aralıklarında elektriksel sinyaller gönderen satelitler de bu maksatla imâl edilmiştir. O halde fotografik yöntemde satelit pozisyonunun kesinliği arka plândaki yıldızların koordine değerlerindeki kesinliğe de bağlı bulunmaktadır.

Amerikadaki çalışmalarda çoğu zaman, fotoğrafik yöntem yerine, radyo tekniğinden istifade ile gözetleme (Elektronik Yöntem) tercih edilmiştir. Bu yolda bir bölgede yapılan deneme ölçüleri sonunda meridyenler yönünde + 5 m lik, paraleller yönünde + 10,4 m. doğruluk elde edilmiştir. Fakat bu hata miktarları ölçülerin kendi aralarında karşılaştırılmasıyla hesaplanan miktarlardır. Herhangi bir triangulasyon ağıyla karşılaştırarak hataları tesbit edebilmek için ölçülerin muvazenede büyük bir ağı noktaları üstünde yürütülmesi gerekir. Bu maksatla IAG' nin Aralık 1964 toplantısında mevcut "Avrupa Üçgenleme Ağı" üzerinde II. dereceden beş ve III. dereceden yedi nokta seçerek bir satelit ağı kurmak teklif edilmiş; sonradan daha da sıklaştırılan bu ağındaki ölçüler günümüze kadar süregelmiştir.

Yukarıdaki çalışmaların dışında, şimdiye kadar önemli olarak :

- Mayıs 1964 de Fransız ve Kuzey Afrika kıyıları bağlanmış (Doğruluk 1/100.000 haritaların doğruluk derecesi).
- ABD-Bermuda Adaları bağlantısı yapılmış,
- Amerika ile Avrupanın Kanada ve Grönland üzerinden bağlantı etüdüleri tamamlanmıştır.

GÖZETLEME ALETLERİ :

Yapma yer uydularının pozisyon tesbitinde duyarlılıkları (= efektifite)

$$E = \frac{s \cdot D^2}{v \cdot d \cdot F}$$

formülüyle ifade edilen sistemlere ihtiyaç vardır.

Bu formülde :

s : Duyarlığa bağlı bir kat sayısı,

D : Objektif açıklığı,

v : Satelitin açısal hızı,

d : Kavis levhacığının çapı,

F : Objektifin odak uzaklığıdır.

Yukarıdaki prensipten hareketle çeşitli ülkeler çeşitli gözetleme aletleri imâl etmişlerdir. Ancak büyük duyarlık elde edebilmek için büyük teleskoplara ihtiyaç olduğundan böyle maksatlarla imâl edilen aletler sabit gözetleme sistemleri teşkil ederler. Buna karşılık yapma uyduların geometrik maksatla kullanılmasında, yani yeryüzü noktaları koordinat değerlerinin tesbitinde, istasyon yerlerinin kolaylıkla değiştirilebilmesi için seyyar kameralara ihtiyaç vardır.

YAPMA UYDULARIN DİNAMİK YÖNDE KULLANILIŞI :

Bir satelitin yörüngesini, satelitin atalet ivmesiyle sateliti etkileyen yeryüzü gravitasyon alanı ivmesinin dengede bulunuşu tesbit eder. Yani satelitin gök yüzünde çizdiği yol yerin kütesine, basıklığına ve yer içindeki kütle düzensizliklerine bağlıdır.

Eğer yeryüzü tam bir küre olsaydı satelitin yörüngesi bir Kepler Elipsi olurdu. Aynı boşluktaki diğer birçok gezegende olduğu gibi bu uydunun yörüngesi de büyük ve küçük eksenleriyle, eksentrisitesiyle ve uzay-sal konumuyla değişmez bir matematik eğri olarak ortaya çıkardı.

Yeryüzü gerçekte tam bir küre durumunda olmadığından ek potansiyallere sahiptir ve bu potansiyaller yapma uydu yörüngesinin bir Kepler Elipsi olmasını önler. Bu yüzden bir satelit yörüngesi ancak bir oskülasyon (= değme) edipsinin altı Kepler elemanı ile tanımlanabilir. Ek potansiyalin etkisiyle bu altı Kepler elemanının bazı terimleri doğrusal, bazı terimleri periyodik değişimlere uğrar.

Çok uzun aralıklı değişimler prensip olarak yalnız bir tek yeryüzü istasyonunda gözetlemeyle tespit edilebilir. Fakat periyodik değişimlerin tesbiti için muhakkak yeryüzünün her yanına yayılmış yeterli sayıda sabit gözetleme istasyonlarının kurulması ve bunun için de uluslararası bir anlaşma zemini yaratılması gerekir. Nitekim şimdiye kadarki çalışmalar sonucu yeryüzünün basıklığı en büyük sıhhatle ölçülebilmüş ve iki yarı kürenin simetrik olmadıkları tesbit edilmiştir.