
SERİ **B**

CİLT **36**

SAYI **4**

1986

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



UYDU ARACILIĞI İLE JEODEZİ

Prof. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU¹

Kı s a Ö z e t

Ülkeler arasında işbirliği kurulamadığından, dünyayı kapsayan bir nirengi ağı bugüne kadar oluşturulamamıştır. İleri ülkeler kendi arazilerini kapsayacak şekilde nirengi ağları kurmuş ve diğer ülkelerden gizli tutmuşlardır. Bu nedenle, ileri ülkelerdeki arazi noktalarının, ulusal nirengi ağı içindeki yerleri bilinmemekte fakat; dünyadaki yerleri bilinmemektedir. Nirengi ağı kuramayan ülkelerdeki arazi noktalarının ise hem ulusal nirengi ağındaki yerleri, hemde dünyadaki yerleri bilinmemektedir.

Bütün dünyayı kapsayacak şekilde bir nirengi ağı kurulması veya başka yöntemlerden yararlanarak, dünya üzerindeki her noktanın, dünya üzerindeki enlem ve boylamlara göre yerinin tam olarak saptanması, jeodezi uzmanlarının ötedenberi gerçekleştirmeye çalıştıkları çok önemli bir amaçtır.

Son yıllarda kullanılmaya başlanan, «Uydu Aracılığı ile Jeodezi» yöntemi, bu amacın gerçekleştirilmesini sağlayacak düzeye gelmiş bulunmaktadır.

Uydu aracılığı ile yeryüzeyinin ölçülmesi, yeni geliştirilmiş bir teknik değildir. Bu yöntem 1967 yılındanberi sivil amaçlarla kullanılmaktadır. Yakın zamana kadar bu yöntemle, dünya üzerindeki noktaların yerleri en fazla 1 dm=10 cm. duyarlılıkla saptanabiliyordu. Bu nedenle gemilerin ve uçakların gidiş yollarının saptanmasında doğal kaynakların araştırılmasında, ülkelerin topoğrafik yapılarının meydana çıkarılmasında uygulanıyordu.

Son yıllarda, uydu aracılığı ile yeryüzeyini ölçme (jeodezi) yöntemi çok gelişti, dünya üzerindeki noktaların yerlerini 1 cm duyarlılıkla saptama olanağı elde edildi. The Global Positioning System (GPS) ismi verilen bu yöntemi de geride bırakmak ve noktaların yerlerini daha duyarlı bir şekilde saptamak amacıyla çalışmalar yapılmakta ve aletler geliştirilmektedir.

Aşağıda GPS yani noktaların dünya yüzeyindeki yerlerini saptama yönteminin temel kuralları ve uygulanma şekli çok kısa olarak anlatılmaya çalışılmıştır.

¹ I.Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı Geodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

GPS Yöntemi

Wild ve Magnavox firmaları aralarında işbirliği kurarak, uydulara yerleştirilen ve dünya üzerindeki noktaların yerlerini saptamaya yarayan yeni bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistemin adına WM 101 denilmektedir. Sistem planlanmış fakat uygulamasına tam olarak geçilememiştir.

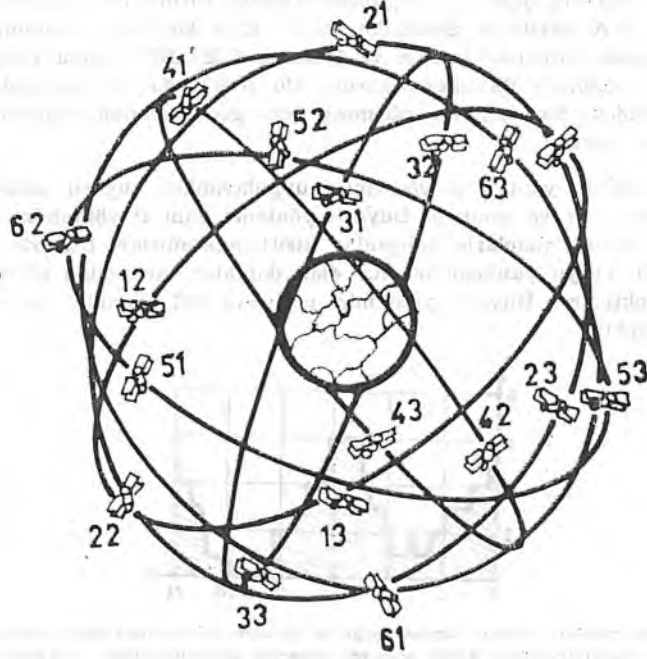
GPS yönteminde dünya çevresine tek bir uydu yerleştirilmemekte, Şekil 1'de görüldüğü üzere, 18 tane uydu yerleştirilmektedir. Uydular 3 tanelik gruplara ayrılmıştır. Her grup ayrı bir yörünge içinde dolaşmaktadır.

1. inci yörüngedeki uyduların no. ları	11,12,13
2. » » » »	21,22,23
3. » » » »	31,32,33
4. » » » »	41,42,43
5. » » » »	51,52,53
6. » » » »	61,62,63

Uydu numaralarının birinci rakkamı, yörünge numarasını göstermektedir, 6 tane yörünge vardır. Bir yörünge içersinde bulunan 3 uydu arasında 120 derecelik bir yay bulunmaktadır. Yörünge düzlemleri, ekvator düzlemile 55 derecelik açılar yapmaktadırlar. Yörünge düzlemleri arasındaki açılar, ekvator yakınında yaklaşık olarak 60 derecedir. Şekilde görülen 18 uydudan ayrı olarak 3 uydu daha yerleştirilmesi planlanmıştır. Bunlar ayrı bir yörünge içersinde dolaşacak ve farklı işler göreceklerdir.

Uyduların hepsi, dünyadan yaklaşık olarak 20000 Km. uzaklıkta dolaşmakta ve yörünge içersindeki bir turlarını 11 saat 58 dakikada tamamlamaktadırlar. Her uydu tam bir günün sonunda, dünya üzerinde aynı noktaya gelmektedir. Uyduların uçuş hızları, dünyanın dönüşü de dikkate alınarak, gün sonunda aynı noktaya gelecek şekilde ayarlanmıştır. Buraya kadar açıklanan 21 uydudan ayrı olarak 7 tane daha uydu hazırlanacak ve hazır olarak bekletilecektir. Uyduların hepsi 28 tane olacak ve ancak 1990 yılında tamamlanabileceklerdir.

Yörüngelere yerleştirilmesi planlanan 28 uydudan şimdiye kadar 7 tanesi atılmıştır ve deneme amacile kullanılmaktadır. Bu uydular, Şekil 1'deki yörüngelerden, farklı yörüngelerde dolaşmaktadırlar. Şekil 2'de bu uyduların 20 Haziran 1985 günü İsviçre'nin Heerbrugg şehrinin üzerinden geçiş saatleri gösterilmiştir. Gece'nin 24'ünde 5 uydunun, saat 10 ile 12 arasında da 6 uydunun şehir üzerinden geçtiği, 17 ile 20 arasında da hiç bir uydunun geçmediği görülmektedir. Hava ve deniz trafiğinin kontrolü için, günün her saatinde, dünyanın her noktasının, en az 4 uydudan görülebilmesi gereklidir. GPS uydularının yedincisi Ekim 1985'de atılmıştır. Şekil 2'de bu uyduya yer verilmemiştir. Yedinci uydu, 6 uydunun bıraktığı boşluğu bir hayli kapatmıştır.



Şekil 1. Dünya çevresine yerleştirilmesi planlanan 18 uyduyu ve yörüngelerini gösteren şekil. Şekilde 6 tane yörünge bulunmaktadır, her yörüngede de 3 tane uydu dolaşmaktadır. Uydu numaralarının ilk rakamları, yörünge numarasıdır. Yörüngeler dünya ekvator düzlemiyle 55 derecelik açılar yapmaktadır. Yörüngeler arasındaki açılar da, ekvator yakınında yaklaşık olarak 60 derecedir. 1987 yılına kadar bu uyduların ancak 7 tanesi atılabılmıştır. Diğerleri daha sonraki yıllarda atılacaktır. Bu uydular ve yer istasyonları yardımıyla, dünyanın çok duyarlı şekilde haritası yapılabilecektir. Uyduların dünyamıza uzaklıkları 20 000 Km. dir.

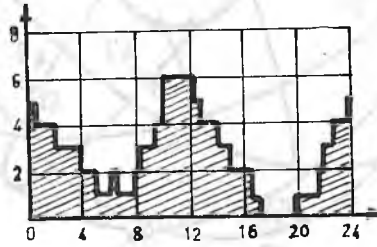
Uyduların Gönderdiği Sinyaller

Özellikleri yukarıda açıklanan uyduların yayınladığı dalgalar iki kısımdır. Birincisi L_1 ile gösterilmektedir dalga boyu 19 cm. frekansı 1575,42 MHz (Megahertz) ikincisi L_2 ile gösterilmektedir, dalga boyu 24 cm. frekansı 1227,60 MHz (Megahertz) dir. Bir saniyedeki dalga adedine frekans denilmektedir. Işığın ve diğer dalgaların bir saniyedeki süratleri 300 000 Km. dir. Bu uzunluk dalga boylarına bölününce, bir saniyede oluşan dalga adedi yani frekans bulunur. Bir MHz (bir megahertz) bir milyon tane dalga demektir.

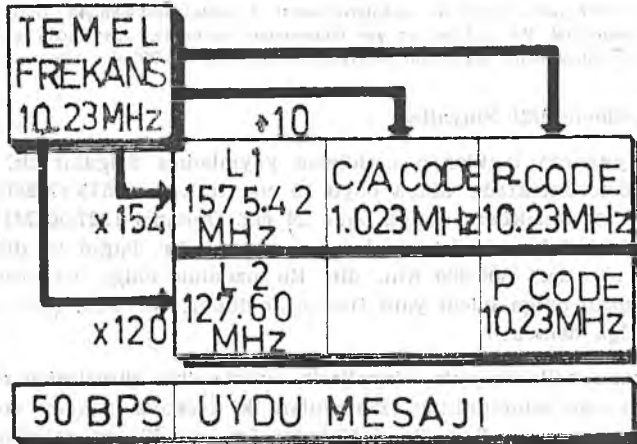
İkinci frekans kullanılmakla, sinyallerin ionosferdeki süratlerine etki yapılmakta ve kontrol altına alınmaktadır. Kullanılan iki frekans, zamanı çok duyarlı şekilde bildiren zaman sinyalleri ile değiştirilmekte ve düzene sokulmaktadır (Modüle edilmektedir). Zaman sinyalleri, matematik kurallarına göre düzenlenmiş çift kod'lardan oluşmaktadır. Bu kodları kullanmamış bir kimse, bunları bir rastlantı sonucu duyulan sesler zannedebilir hatta normal ses sinyallerini bozan sesler olduğunu düşünebilir. Yüksek frekanslı ve çift kod'lu sinyaller, «Geniş Spektrum Modülasyonu» ismiyle belirtilmekte ve normal sinyallerin bir düzene sokulmasında (modüle edilmesinde) kullanılmaktadır.

İki tane kod'lama yöntemi uygulanmaktadır. Birincisine «Yaklaşık Yöntem» denilmekte ve C/A harflerile gösterilmektedir. C/A kod'lama yöntemi, herkes tarafından kolaylıkla kullanılabilen ve frekansı 1,023 MHz (boyu yaklaşık 300 m) olan dalgalar tarafından düzenlenmektedir. Bu frekansda, bir saniyede bir milyon dalga olduğundan, bir dalganın oluşması için geçen zaman, saniyenin milyonda biri olmaktadır. Şekil 3.

Yaklaşık yöntem yani C/A yöntemini uygulayanlar, duyarlı sonuçlar elde etmek için çareler arar ve sonunda Duyarlı yöntem yani P yöntemine geçerler. Bu geçişi sadece, askeri amaçlarla çalışanlar kısıtlamaktadırlar. Duyarlı yöntem, frekansı 10,23 MHz (boyu yaklaşık 30 m.) olan dalgalar tarafından düzenlenmektedir (Modüle edilmektedir). Duyarlı yöntemin periyodu 267 gündür, bu süre sonunda yenilenmesi gerekir.



Şekil 2. Şekil 1'de görülen uydular, tamamlandığı ve çalışmaya başladıklarında, dünyanın çeşitli noktalarında, hangi uyduların hangi saatlerde geçeceği araştırılmaktadır: Yukarıdaki şekil İsviçre'nin Heerbrugg şehrinde 20 Haziran 1985 günü geçen uydular ve geçiş saatlerini göstermektedir. Buradaki grafik, bu gün dolaşan uydu sayısına göre çizilmiştir. Yatay eksen uyduların geçiş saatlerini, dikey ekseninde sayılarını göstermektedir.



Şekil 3. Şekil 1'deki uyduların, sinyal gönderirken kullandıkları dalgaların frekanslarını gösteren şema. Uydularda üretilen dalgaların temel frekansları 10,23 m Hz dir. Sol yukarıdaki kare bu dalgaları göstermektedir. Temel frekansların 154 katı L₁ dalgalarını, 120 katıda L₂ dalgalarını oluşturmaktadır. Temel Frekansların 0,1'i «Yaklaşık Yöntem» de kullanılan C/A kod'lu dalgaları vermektedir. «Duyarlı Yöntem» de kullanılan P kod'lu dalgaların frekansları, Temel Frekansın aynıdır. Temel Frekansla üretilen dalgalardan ayrı olarak, uydular 1/50 saniye aralıklı özel sinyaller ve mesajlar göndermektedirler.

Temel frekans olan 10,23 MHz uydulardaki Oscillator yardımı ile istenilen bir katsayı ile çarpılarak güçlendirilmektedir. Şekil 3'de katsayılar ve çarpım sonunda elde edilen frekanslar görülmektedir. Bu kod'lara ilave olarak, uydunun kendisi de, 1/50 saniye aralıklarla sinyaller göndermektedir. Bu sinyaller sayesinde, uydunun durumunu saptamaya yarayan parametreler elde edilmektedir.

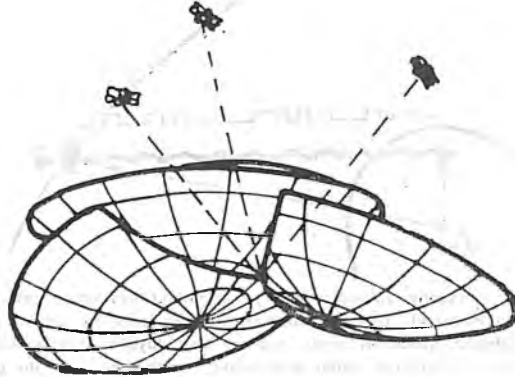
Ölçme Yöntemleri

Uydulardan yararlanarak ölçü yapmak amacıyla, sadece «Doppler Yöntemi» kullanılmıştır. Aynı amacı gerçekleştiren başka yöntemler de geliştirilmiştir.

GPS yönteminde, yani noktaların dünyadaki yerlerini bulma yönteminde kural olarak uydu ile algılayıcı alet arasındaki uzaklık ölçülmektedir. Geometri kurallarından yararlanabilmek için, en az üç tane uzaklığın ölçülmesi gereklidir. Uzaydaki bir noktadan (uydudan) eşit uzaklıkta bulunan noktaların geometrik yeri bir küre yüzeyidir. Şekil No: 4'de, 3 uydunun her biri bir küre merkezi kabul edilerek 3 tane küre çizilmiş olduğu görülmektedir. 3 küre yüzeyinin kesiştiği nokta yer istasyonunun (algılayıcı aletin) bulunduğu noktadır.

İstasyon ile uydular arasındaki uzaklık, C/A veya P kod'larının, bu yolları gidebilmek için geçirdikleri zamandan yararlanılarak bulunmaktadır. Bu işlem aşağıda daha basit şekilde açıklanmaya çalışılmıştır.

Uyduda bulunan ve katarlar halinde dalgalar gönderen aygıt, zamanı çok duyarlı şekilde bildiren kod'lar gönderir. Bir uydunun bulunduğu yer Şekil No: 5'de a ile gösterilmiştir. Uydudan gönderilen dalgaları alabilen aygıt, aynı şekilde b ile gösterilen yerdedir. Dalgaların a noktasından çıkış anı ile b noktasına varış anı arasındaki fark, yolda geçen zamandır. Bu zamandan yararlanılarak yani zaman ışın sürat ile çarpılarak, a ve b noktaları arasındaki uzaklık bulunabilmektedir. Işının (dalga'nın) yolda geçirdiği zamandan yararlanılarak, uydudaki saat ile, istas-



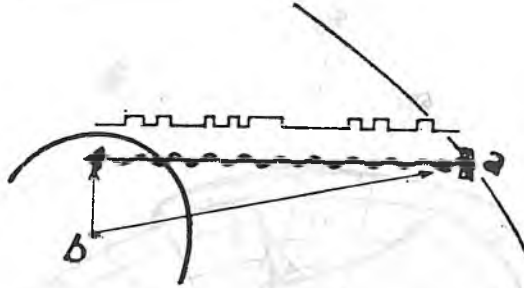
Şekil 4. Uzayda, Önden Kestirme (İlerden Kestirme) yönteminin nasıl uygulandığını gösteren yekil. GPS yönteminde, yani noktaların dünyadaki yerlerinin bulunması yönteminde, uydu ile yer istasyonu (algılayıcı alet) arasındaki uzaklık, çok duyarlı şekilde ölçülmektedir. Uzaydaki bir noktadan (uydudan) eşit uzaklıkta bulunan noktaların geometrik yeri bir küre yüzeyidir. Şekildeki 3 uydunun yer istasyonundan uzaklıkları ölçülmüş ve her biri için bir küre yüzeyi çizilmiş olduğu görülmektedir. 3 küre yüzeyinin kesiştiği nokta, yer istasyonunun, uydulara göre bulunduğu noktadır.

yondaki saat, Senkronize hale getirilmektedir. Yani, İstasyondaki saatin, uydudaki saatten, ışının yolda geçirdiği zaman kadar geri olması sağlanmaktadır. Uydu ile istasyon arasındaki uzaklık değişince, saatler arasındaki uyum bozulmaktadır. Bu bozukluğun nasıl giderilebildiği, yani saatlerin birbirine yeniden nasıl ayarlanabildiği aşağıda açıklanmıştır.

Işının (dalğanın), a ve b noktaları arasındaki yolu ne kadar zamanda aldığı C/A veya P kod yönteminden yararlanılarak bulunabilmektedir. İstasyondan uyduya gönderilen dalgalar, uydunun yansıtıcısına çarparak geri gelmekte ve yeni yollanmakta olan bir dalga ile karşılaşmaktadır. Her iki dalga arasındaki faz farkından ve oluşan dalga adedinden yararlanılarak uydu ile istasyon arasındaki uzaklık bulunmaktadır. L_1 frekansındaki ışınlardan yararlanıldığı taktirde, dalga boyu 0,19 m. olan ışınlar kullanılmış, L_2 frekansındaki ışınlardan yararlanıldığı taktirde, dalga boyu 0,24 m. olan ışınlar kullanılmış olmaktadır. Giden ve yansıyıp gelen ışınlar arasındaki faz farkı 1/1000 veya daha küçük olabilmektedir. Böylelikle dalga boyunun 1/1000'i duyarlığında hatta daha duyarlı şekilde uzaklık ölçmesi yapılabilmektedir. Bir başka söyleyişle; uzaklıklar bir mm. den daha duyarlı şekilde ölçülebilmektedir. Başlangıçta, uydu ile istasyon arasına kaç tane tam dalğanın girdiği bilinemez. Fakat, aygıtın saptadığı değerlerin yorumu ve açılımı yapıldığında, bu sayı bulunabilmekte, istasyonun koordinatları da hesaplanabilmektedir.

Doppler Frekansındaki Faz Farkından Yararlanılarak Uzaklıkların Ölçülmesi

Asıl sistemde olduğu gibi, GPS sistemi de Doppler sistemini etkileyen bir araç olarak kullanılabilir. Uydunun devamlı yer değiştirmesinin bir sonucu olarak, istasyonla uydu arasındaki uzaklığında devamlı olarak değiştiği yukarıda açıklanmıştır. Uydunun gönderdiği sinyallerin frekansları da, uzaklığın değişmesinin etkisiyle devamlı olarak değişir. Uzaklık azalıyorsa, yani uydu istasyona yaklaşıyorsa, istasyona gelen dalgaların boyları küçülür ve frekansları artar. Uydu istasyon-



Şekil 5. Bir uydu ile yer istasyonu (algılayıcı alet) arasındaki uzaklığın, çok duyarlı olarak nasıl ölçüldüğünü, açıklayan şekil. Uydu a noktasında, yer istasyonu da b noktasında bulunmaktadır. Uydudan dalgalar gönderen aygıt, zamanı çok duyarlı şekilde bildirir. Dalgaların a noktasından çıkışı ile b noktasına varışı arasındaki zaman, ışık hızı ile çarpılarak, a ve b noktaları arasındaki uzaklık, çok duyarlı şekilde bulunabilmektedir. Kronometrelerle zaman ne kadar duyarlı ölçülürse ölçülsün, ışık hızı çok fazla olduğundan, uzaklık istenilen incelikte bulunamamaktadır. Bunun için, istasyondan uyduya, ayrı bir dalga gönderilmektedir. Bu dalgalar, uydunun yansıtıcısına çarparak geri dönmekte ve yeni yollanmakta olan bir dalga ile karşılaşmaktadır. Her iki dalga arasındaki faz farkından ve oluşan dalga sayısı ile dalga boyundan yararlanılarak, uzaklık çok duyarlı şekilde bulunabilmektedir. Septanan faz farkı, bir dalğanın 1/1000'i, hatta daha küçüğü kadar olabilmektedir.

dan uzaklaşıyorsa, istasyona gelen dalgaların boyları büyür ve frekansları azalır. Uydudan çıkan dalgaların boyları aynı olduğu halde, istasyona gelenler aynı değildir, aradaki uzaklığın büyümesine ve küçülmesine göre, büyümekte ve küçülmemektedir. Bu olaya «Doppler Frekans Değişimi» denilmektedir. Doppler Frekans Değişiminden yararlanılarak, uydunun uzaklığı ve yeri saptanabildiği gibi süratide, saptanabilmektedir.

Uydunun yeri biliniyor, fakat gönderdiği sinyalleri alan yer istasyonlarından bir kısmının yerleri bilinmiyorsa, bu istasyonların yerleri bulunabilir. Diğer bir anlatımla, uzayın herhangi bir noktasında bulunan uydunun koordinatları, yerleri bilinen istasyonlar yardımıyla meydana çıkarılırsa, bu uydu ile ilişkide bulunan ve yerleri bilinmeyen istasyonların koordinatları bulunabilmektedir.

Şekil No: 6'da, bir uydunun 2 noktadaki durumu görülmektedir. Başlangıçta uydu a noktasında, yer istasyonu da b noktasındadır. b noktasının koordinatları biliniyorsa a noktasının hesaplanabileceği gibi terside yapılabilir. Biraz sonra uydu C noktasına gelmekte ve istasyona uzaklığı büyüyerek bc olmaktadır. Bu değerden yararlanarak, b bilindiğine göre c nin yeri saptanabilmektedir.

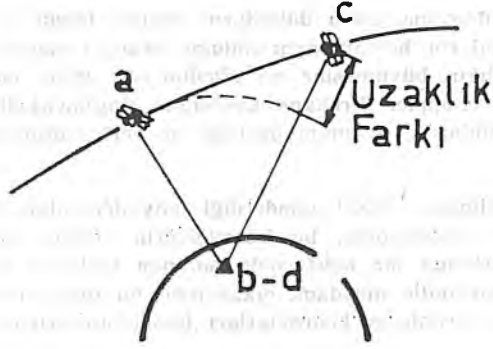
Uydu a noktasından c ye gelirken, b nin de yer değiştirdiğini ve d noktasına geldiğini düşünelim. Bu durumda c yardımıyla b nin yeni yeri, yani d bulunabilmektedir. b noktasının bir taşıt aracı üzerinde bulunduğu düşünülürse, taşıtın gidiş yönü meydana çıkarılabilecek ve böylelikle navigasyon sorunları çözümlenebilecek demektir. Bu düşünce bu gün gerçekleştirilmiştir. Algılayıcı aletlerden birinin koordinatları bilinen bir istasyonda, diğerinde, koordinatları bulunacak diğer istasyonda olması gereklidir. Şekil No: 7.

Uydu ve Yer İstasyonunun, Birbirlerine Göre Durumlarının Saptanması

Şekil No: 7'de, 2 yer istasyonu ile bir uydu görülmektedir. b noktasında bulunan yer istasyonunun koordinatları, arazide yapılan ölçülerle saptanmıştır. c noktasındaki yer istasyonu ise, koordinatları bilinmeyen bir noktadır. a ve c nin her ikisinde de algılayıcı aletler bulunmaktadır. b noktasının koordinatlarından yararlanılarak önce uydunun bulunduğu a noktasının koordinatları bulunur, daha sonrada a noktasının koordinatları yardımıyla c nin koordinatları bulunur.

Bu yöntem, Şekil No: 6'da açıklanan uzaklık farkından yararlanma yöntemi-ne kıyasla, daha duyarlı sonuç vermektedir. Uzaklık farkından yararlanma yönteminde, uydunun yörüngeden biraz sapması halinde, küçük hatalar meydana gelmektedir. Burada ise, yörüngenin bir noktasından yararlanıldığı için, uydunun yörüngeden ayrılmasının herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Bu hata kaynağı tamamen bertaraf edilmektedir. Bu yöntemde, faz farkından yararlanarak uzaklıklar bulunacak olursa, Şekil No: 4'de açıklanan yöntemden daha duyarlı bir sonuç elde edilmektedir. Çeşitli yer istasyonları, uydulardan gönderilen sinyalleri, birbiri ardışına algırlarlar. Bu sinyallerin analizlerini yapmak için, bilgisayarlardan yararlanma zorunluğu vardır.

Dünya üzerindeki noktaların, dünyayı kapsayan nirengi ağındaki yerlerini bulmak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin hepsinde, uydulardan yararlanılmaktadır. Geliştirilen bu yöntemlerin başlıcaları şunlardır.



Şekil 6. Uydu ile yer İstasyonu arasındaki uzaklığın, değişimini gösteren şekil. Başlangıçta uydu a noktasında, yer İstasyonu b noktasındadır, aralarındaki uzaklık ab dir. Biraz sonra uydu c noktasına gelmekte ve İstasyondan uzaklığı bc olmaktadır, şekle göre büyümektedir. Aradaki farktan yararlanılarak, yer İstasyonunun, uyduya göre nerede bulunduğu saptanabilmektedir. Ayrıca, yer İstasyonu (Algılayıcı alet), bir taşıt aracının üzerine yerleştirilmişse, taşıtın hareketi de meydana çıkarılabilmektedir. Böylelikle Navigasyon sorunlarına açıklık getirilebilmektedir. Şekilde uydu, a noktasından c ye gelirken, yer İstasyonu da b den d ye gelmiştir. cd uzaklığı ölçülerek, d noktasının nerede olduğu saptanmaktadır.

1 — Transit, 2 — ISS, 3 — Uydu Lazeri, 4 — SLR, 5 — VLBI

GPS yöntemi bunlardan çok daha duyarlı sonuçlar vermekte ve EDM (Electronic Distance - Measuring Equipmen = Elektronik Uzaklık Ölçme Aygıtı) isimli, piyasalarda kolaylıkla bulunabilen alet yardımıyla uygulanmaktadır. Bu nedenle GPS yöntemi, diğerlerinden çok daha kullanışlı ve ileri bir yöntem olarak kabul edilmektedir.

SONUÇ

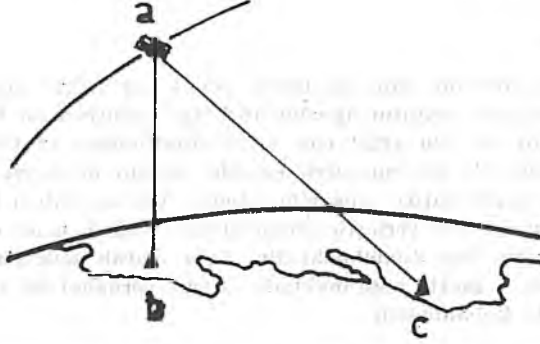
GPS yöntemi ile yapılan ölçme sonunda, uyduların uzay koordinatları elde edilmektedir. Diğer bir söyleyişle; uydu bazında, jeosantrik koordinat sisteminde, üç boyutlu Kartezyen koordinatlarına göre değerler elde edilmektedir. Ülkeler genellikle, kendi ulusal koordinat sisteminden yararlanmayı isterler. Bu isteğin yerine getirilebilmesi için, aşağıda açıklanan transformasyon işlemlerinin yapılması gereklidir.

1 — Uydunun saptadığı bilgilerin, ülkenin referans elipsoidine transferi.

2 — Referans elipsoidinin, ulusal nirengi ağına veya ulusal grid sistemine (ulusal koordinatlara) transferi.

Birinci transformasyonun yapılabilmesi için, yerel referans elipsoidinin, uluslararası koordinat sistemindeki yerinin ve durumunun bilinmesi gerekir. Bu transformasyona ait parametreler bilinmiyorsa, ulusal grid sistemine göre koordinatları hesaplanmış noktalarda yeniden ölçme yaparak bu noktaların uluslararası sistemdeki yani; GPS sistemindeki yerlerini bulmak gerekir. Bu ölçüler yapıldıktan sonra, Ulusal Koordinat sistemi ile Uluslararası koordinat sistemini birbirine transfer edebilmek için parametrelerin hesaplanması gerekir. Bu hesaplar yapılırken, önce ölçülen noktaların enlemleri, boylamları ve referans elipsinden olan yükseklikler he-

saplanır. Gerçi, elipsoide ait yüksekliklerden, pratikte çok az yararlanılmaktadır. Denizden ortalama yükseklik yerine, ortometrik yükseklikler kullanılmaktadır. Bu değeri elde etmek için, elipsoide ait yükseklikler, elipsoid ile geoid arasındaki farklar kadar değiştirilmektedir. Bu işleme «Geoid Düzeltmesi» denilmektedir.



Şekil 7. Koordinatları bilinen bir yer istasyonundan ve uydudan yararlanarak, yeni bir istasyonun koordinatlarının nasıl bulunduğunu gösteren şekil. b istasyonunun koordinatları bilinmektedir. a noktasında bulunan uydunun ve b, c noktalarındaki istasyonların gönderdiği sinyallerden yararlanılarak, önce a noktasının, daha sonra da c noktasının koordinatları bulunabilmektedir. Bu yöntem, uydü yörüngede giderken, meydana gelen küçük sapmalardan etkilenmez ve c noktasının koordinatlarının daha duyarlı şekilde bulunmasına olanak sağlar.

İkinci transferasyon işlemi, ulusal nirengi ağına ait koordinatlar bilindiğine göre, gerekli denklemler kurularak, klasik yöntemlerle yapılır.

GPS Uydusu Alıcısı

Geodezide kullanılan alıcılar, iki tiptir. Birinciler bir kod ile, ikinciler de kod-suz çalışırlar. Yalnız Navigasyon amacıyla kullanılan alıcılar, bunlardan ayrıdır.

Kodsuz Alıcılar : Bunlar C/A veya P kodlarını kullanmazlar fakat, dalgaların faz farklarının ölçülmesini sağlarlar. Bu alıcılar, saatle veya uydunun durumunu saptamaya yarayan parametreleri bildiren uydü mesajlarını alamazlar. Uyduların durumunu, bu alıcılar yardımıyla arazide saptamaya olanak bulunmadığı gibi, daha sonra büroda çalışarak da saptamaya olanak yoktur. Yalnız, daha önce saptanmış alan dataların analizi yapılarak ve arazide toplanan diğer bilgilerle bir araya getirilerek, uydunun durumuna ait kaba bir bilgi elde edilebilir. Bu uydular, navigasyon amacıyla kullanılamazlar.

Kodlu Alıcılar : Kodlu alıcılar, hem navigasyon işlerinde hemde geodezik amaçlı işlerde kullanılırlar. Bunlar hem sinyalleri almakta hemde bu sinyalleri kodlara dönüştürerek saptamaktadırlar. Böylelikle uydunun gönderdiği mesaj, yazılı olarak elde edilmektedir. Alıcı, uydudan gelen mesajın bir kopyasını da çıkartmaktadır. Gelen sinyaller, sese dönüştürülebildiği gibi bir kaç katına yükseltilerek, çok daha güçlü hale getirilebilmektedir. Kodlardan yararlanılarak, çeşitli ölçüler yapılabilmektedir. Uydudan gelen kodsuz mesajlarda, uydunun durumunu saptamaya yarayan parametreler bulunmaktadır.

Sistemin son modelinde C/A kodu herhangi bir amaçla kullanılabilir.

Fakat P kodunun kullanılma alanı bu kadar geniş değildir. Bir faz farkını ölçebilmek için, P kodundan yararlanarak şart değildir, faz farkı dalga taşıyan aygıt üzerinde ölçülebilmektedir.

Yer İstasyonu

Yer istasyonu görevini yapmak üzere küçük bir aygıt geliştirilmiştir. Wild firmasının geliştirdiği bu aygıtın ağırlığı 16,8 Kg. boyutları da $0,51 \times 0,39 \times 0,17$ m. dir, ismi de WM 101 dir. Bu aygıt çok sayıda üretilmiştir ve bütün dünya pazarlarında satılmaktadır. Su geçirmeyecek şekilde yapılan bu aygıt -25 ile $+55$ dereceler arasındaki sıcaklıklarda çalışabilmektedir. Aygıtın anteni herhangi bir Wild Teodolitinin sehpa üzerine yerleştirilebilmektedir. Aktüsü, uzun ömürlüdür, istenildiği kadar doldurulup boşaltılabilmektedir. Tam olarak doldurulan aktü, devamlı kullanıldığı takdirde, 4 saatte boşalmaktadır. Aygıt herhangi bir taşıt aracının aküsüne bağlanarak da kullanılabilir.

WM 101 aygıtı, 4 kanal üzerinden L₁ dalgalarını alabilmekte ayrıca aynı zamanda, 6 uydudan gönderilen sinyalleri de, alabilmektedir. Aygıtı kullanan kişinin, uydulardan gönderilen dalgaların algılanıp algılanmayacağı konusunda herhangi bir endişeye kapılmasına gerek yoktur. Aygıtın, duyarlılığı fazladır, C/A kod sisteminden yararlanarak uzaklık ölçmeleri yapmaktadır. Uydulardan gönderilen kodların yorumlarını da yapmaktadır. Giden ve yansıdıktan sonra geri gelen dalgalar arasındaki faz farklarını da ölçmektedir. Bu aygıt açık arazide kullanılabilir gibi, herhangi bir taşıt aracına yerleştirilerek de kullanılabilir. Ayrıca jeodezik amaçlarla da kullanılabilir.

Uydulardan gelen sinyaller, önce anten aracılığı ile kuvvetlendirilir, sonra daha küçük frekanslı dalgalara dönüştürülür daha sonra da asıl alıcıya girerler. Alıcıda, datalar, önce bir kontrolden geçirilir, daha sonra manyetik banda işlenir. Yorum, manyetik bant, özel bilgisayara verilerek yapılır.

Aygıtın kullanılması ve kontrolü basittir, özel anahtarları yardımıyla kullanılır. Arazide karşılaşılan güçlüklerin nasıl giderileceğini açıklayan özel bir bant, aygıtın kutusunda bulunmaktadır. Bu banttan da yararlanılarak bütün sorunlar kolaylıkla çözümlenebilir. Aygıtı kullanmak için özel bir eğitime ve uzman olmaya gerek yoktur, orta eğitim görmüş herkes kullanabilir.