

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# **ORTA ÖĞRETİM PROJESİ**

**HARİTA-TAPU-KADASTRO**

**GPS  
581MSP132**

**Ankara, 2011**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ (GPS) .....	3
1.1. Temel GPS Bilgisi.....	3
1.1.1. Kullanım Alanları .....	4
1.1.2. GPS'in Bölümleri .....	5
1.1.3. Çalışma Şekli .....	9
1.1.4. GPS ile Pozisyon Ölçümünde Hata Kaynakları .....	13
1.1.5. Gps Alıcı ve Anten Sistemleri .....	17
1.1.6. GPS Cihazlarının Özellikleri .....	19
1.2. GPS Gözlemlerinin Yapılması .....	23
1.2.1. GPS Alıcısının Çalıştırılması.....	23
1.2.2. Anten Yüksekliklerinin Ölçülmesi .....	24
1.2.3. Almanak Bilgilerinin Toplanması .....	25
1.2.4. El Kontrol Ünitesini Çalıştırma .....	26
1.3. GPS ile Konum Belirleme Yöntemleri.....	30
1.3.1. Statik Ölçme Yöntemi .....	34
1.3.2. Hızlı Statik Ölçme Yöntemi .....	34
1.3.3. Dur-Git Ölçme Yöntemi .....	35
1.3.4. Tekrarlı Ölçme Yöntemi.....	36
1.3.5. Kinematik Ölçme Yöntemi.....	37
UYGULAMA FAALİYETİ.....	39
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	41
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	42
2. GPS ÖLÇÜ PLANLAMASI .....	42
2.1. Ağ Tasarımı.....	43
2.2. Gözlem Planlarının Hazırlanması .....	45
2.3. Organizasyon.....	49
2.4. Arazide Nokta Keşfi.....	51
2.5. GPS Gözlemlerinin Başlaması .....	52
UYGULAMA FAALİYETİ.....	55
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	57
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	58
CEVAP ANAHTARI.....	59
KAYNAKÇA .....	60

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>581MSP132</b>
<b>ALAN</b>	<b>Harita-Tapu-Kadastro</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Haritacılık-Kadaströculuk</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>GPS</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Küresel konum belirleme sistemi (GPS) ve GPS ölçü planlaması ile ilgili temel bilgilerin verildiği öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	Bu modülde ön koşul yoktur.
<b>YETERLİK</b>	GPS ile konum belirlemek
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Tekniğine uygun, GPS ölçme yöntemlerini kullanarak konum belirleyebileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Tekniğine uygun olarak küresel konum belirleme sistemi (GPS) ile gözlem yapabileceksiniz.</li><li>2. Tekniğine uygun olarak GPS ölçü planlaması yapabileceksiniz.</li></ol>
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Sınıf, arazi <b>Donanım:</b> İlgili yere ait harita ve krokiler, bilgisayar, mesleki paket program, yazıcı, çizici, A3 ve A4 kâğıt, kalem, silgi, GPS, gözlem karnesi, telsiz, metre, jalon
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığımız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Kontrol noktaları, tüm jeodezik çalışmalarda, jeodezik verilerin oluşturulmasında ve yere uygulanması ve birbirleriyle ilişkilendirilmelerinde, temel haritalar ve kadaströ bilgilerinın yaşatılmasında ve güncelleştirilmesinde ve daha birçok mesleki uygulamalarda belirleyici temel unsur olmuştur.

Kontrol noktalarının oluşturulmasında günümüzde zahmetli klasik yöntemle karşılık küresel konum belirleme sistemi (GPS) çok etkili bir yeniliktir. GPS ile kontrol ağlarının ülkeleri kapsayacak biçimde oluşturulmaları yanında diferansiyel GPS ile detay noktalarının konumları hızlı, ekonomik ve istenen doğrulukta belirlenebilmektedir.

Bu modülde arazi öncesi planlamalar yapacak, GPS ölçme yöntemlerini kullanarak arazide gözlemler gerçekleştirebileceksiniz. Gözlemler sonunda elde edilen ölçme datalarını üretici firmanın GPS cihazı yazılımları yardımıyla nokta konumları belirleyebileceksiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

GPS ile konum belirleyebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- GPS cihazlarının çalışma mantığını araştırınız.
- GPS ile konum belirleme yöntemlerini araştırınız.

## 1. KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ (GPS)

### 1.1. Temel GPS Bilgisi

İngilizce “Global Positioning System”in baş harflerinden oluşan GPS’in Türkçe karşılığı “Küresel Konum Belirleme Sistemi”dir. ABD savunma dairesi tarafından geliştirilmiştir. Düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağıdır ve uydularla aramızdaki mesafeyi ölçerek dünya üzerindeki kesin yerimizi tespit etmeyi mümkün kılar.

Elinde GPS alıcısı olan herhangi bir kullanıcının, uydu sinyalleri yardımıyla;

- Herhangi bir yer ve zamanda,
- Her türlü hava koşullarında,
- Global bir koordinat sisteminde,
- Yüksek duyarlıkta,
- Ekonomik olarak,
- Anında ve sürekli konum, hız ve zaman belirlemesine olanak veren bir radyo navigasyon sistemidir.

#### GPS’in klasik jeodezik ölçme tekniklerine göre üstün tarafları:

- Noktalar arası görüş zorunluluğu ortadan kalkmıştır. GPS alıcı anteninin uydu sinyalini izleyebilmesi için gökyüzünü görmesi yeterlidir.
- Nokta yeri seçiminde noktaların en yüksek yerlerde olması gibi zorunluluklar ortadan kalkmıştır. Gereksinim duyulan ve GPS ölçümünün yapılmasına olanak veren her yerde nokta tesisi yapılabilmektedir.
- GPS ölçülerinin yapılması büyük oranda hava şartlarından bağımsızdır.
- Gece gündüz sürekli (24 saat) ölçüm yapılabilmektedir.

- GPS ölçülerinin yapılışındaki hız ve aletlerin kullanım kolaylığı, ölçücü hatalarının olmaması (anten yüksekliği ölçümü hariç) nedenleriyle ekonomik bir sistemdir.
- Üç boyutlu nokta koordinatları elde edilmektedir.
- Elde edilen jeodezik doğruluklar en duyarlı klasik jeodezik tekniklerle elde edilenlerle eşit ya da daha iyidir.
- Gerçek zamanlı (anlık) konum, hız ve zaman bilgisi sağlayabilmektedir.

#### **GPS'in zayıf tarafı:**

Alıcı anteni mutlaka açık gökyüzünü görmelidir. Başka bir deyişle, GPS sinyalleri radyo sinyalleri gibi kuvvetli olmadığından kapalı yerlerde, çok sık ağaçlıklı bölgelerde ve madenlerde kullanılmamaktadır.

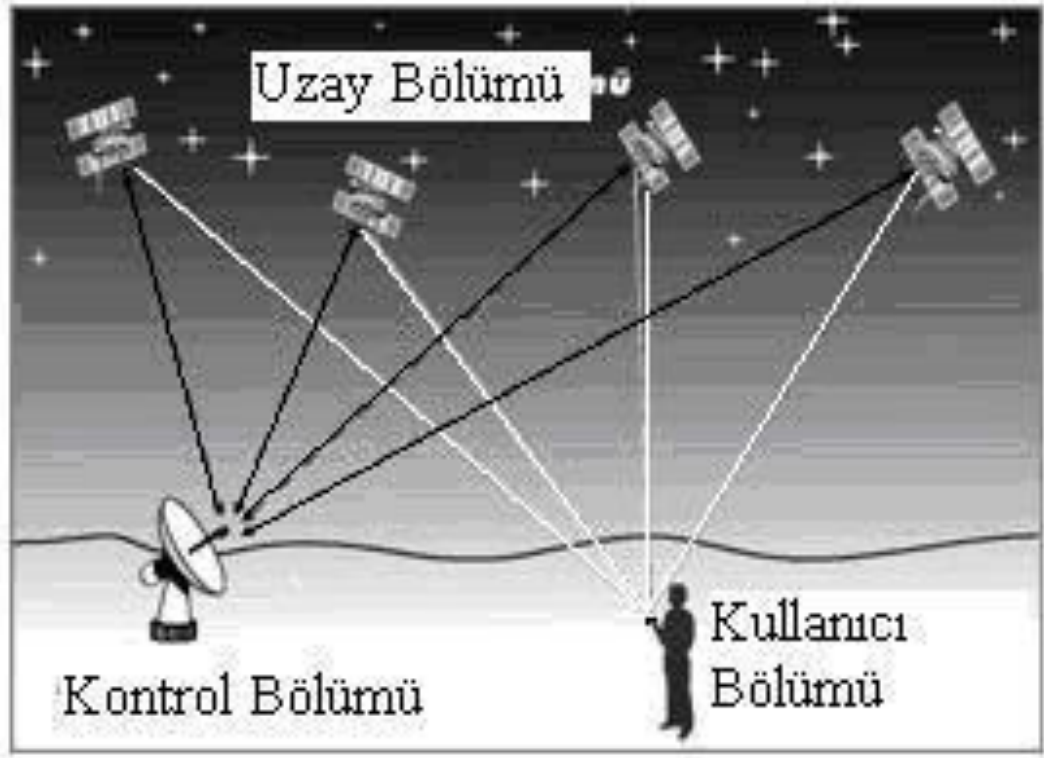
### **1.1.1. Kullanım Alanları**

- **Askerî kullanım alanları**
  - Kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonu
  - Arama kurtarma
  - Hedef bulma
  - Füze güdümü
  - INS sistemlerinin desteği
  - Uçakların, görüşün sınırlı ya da hiç olmadığı hava koşullarında iniş ve kalkışı
- **Sivil kullanım alanları**
  - Kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonu
  - Jeodezik ve jeodinamik amaçlı ölçmeler
  - Kadastral ölçmeler
  - Kinematik GPS destekli fotogrametrik çalışmalar
  - Yerel ve global deformasyon ölçmeleri
  - Araç takip sistemleri
  - Uçakların, görüşün sınırlı ya da hiç olmadığı hava koşullarında iniş ve kalkışı
  - Aktif kontrol ağları
  - CBS veritabanlarının geliştirilmesi
  - Turizm, tarım, ormancılık, spor, arkeoloji
  - Asayiş
  - Hidrografik ölçmeler



### 1.1.2. GPS'in Bölümleri

GPS sistemi; uzay bölümü (uydular), kontrol bölümü (yer istasyonları) ve kullanıcı bölümü (GPS alıcısı) olmak üzere üç ana kısımdan oluşur.



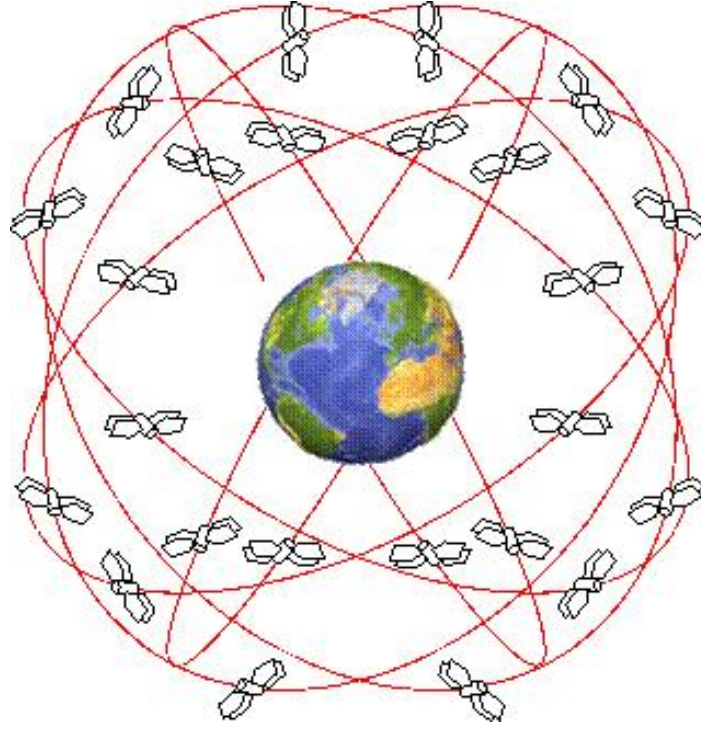
Şekil 1.1: GPS'in bölümleri

➤ **Uzay bölümü (uydular):**

Amerika Birleşik Devletleri'ne ait 24 adet uydu, yaklaşık 20000 km yükseklikte yörüngede dolaşmakta ve yeryüzüne kesintisiz olarak hangi anda nerede olduklarını (koordinat ve zaman bilgilerini) göndermektedir. Uydular saatte 10.000 km hızla hareket eder. Yer merkezinden yaklaşık 20200 km uzaklıkta olup 11 saat 58 dakikada dünya çevresinde bir tur atar. Güneş enerjisi ile çalışır. Uyduların her biri, iki değişik frekansta (L1,L2) radyo sinyalleri yayınlamaktadır.

Yeryüzünde herhangi bir yer ve zamanda gözlenebilecek en az uydu sayısı dördür ve her bir uydu yaklaşık 5 saat ufuk hattı üzerinde kalır. Altı farklı tip GPS uydusu mevcut olup bunlar;

Block I, Block II, Block IIA, Block IIR, Block IIF, Block III uydularıdır.



Şekil 1.2: Uydu yörüngeleri



Şekil 1.3: Block II A uydusu

➤ **Kontrol bölümü (yer istasyonları):**

Uyduların doğru çalışıp çalışmadığını sürekli kontrol eden yer istasyonlarından oluşur. Dünya üzerinde 5 adet takip istasyonu (Ascension, Hawaii, Colorado Springs, Kwajalein, Diego Garcia), 1 adet ana kumanda istasyonu ve 3 adet uydulara veri transmisyonu yapan istasyon vardır. Takip istasyonlarından alınan bilgiler ana kumanda merkezine gönderilir, burada uyduların yörüngeleri ve saat düzeltme bilgileri hesaplanır ve ilgili uydulara mesaj olarak gönderilir.

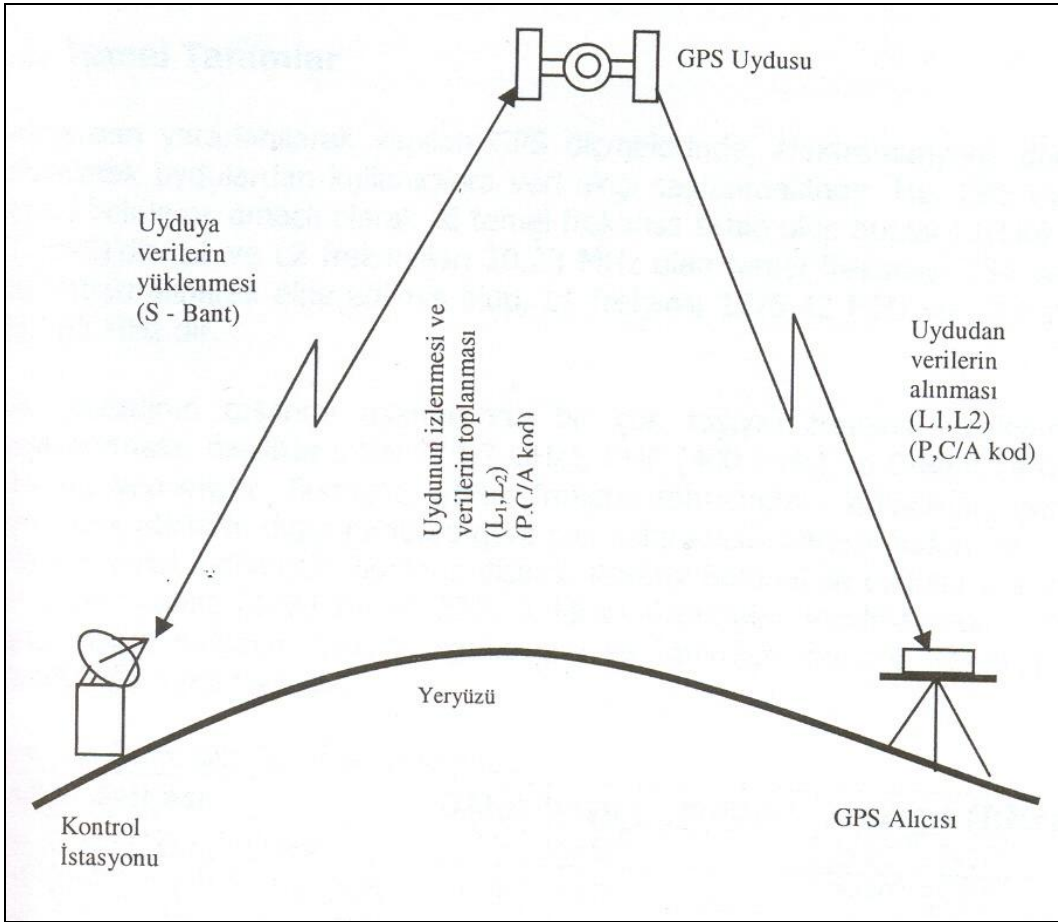


Şekil 1.4: GPS izleme ve kontrol istasyonları

➤ **Kullanıcı bölümü (GPS alıcısı):**

Çeşitli amaçlarla GPS kullanarak yerini belirlemek isteyen herhangi bir kişi, sistemin kullanıcı bölümünü oluşturur.

GPS alıcılarından oluşur. Bu alıcılar uydulardan gelen sinyalleri anteni vasıtasıyla alır ve kendi türüne göre çeşitli amaçlı (seyrüsefer, araç takip vb.) gerçek zaman koordinat bilgisini veya biraz daha uzun süreli ölçüm sonucu jeodezi uygulamaları için statik fakat oldukça hassas (yatay düzlemde min. 1 mm) koordinat bilgisi üretir.

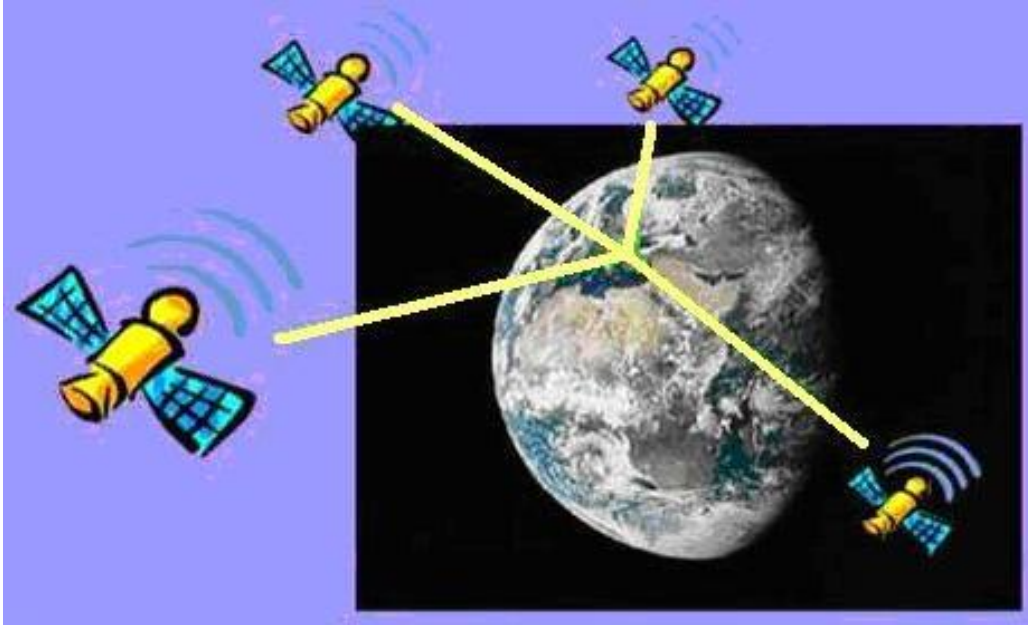


Şekil 1.5: GPS kontrol-uzay-kullanıcı bölümleri ilişkisi

### 1.1.3. Çalışma Şekli

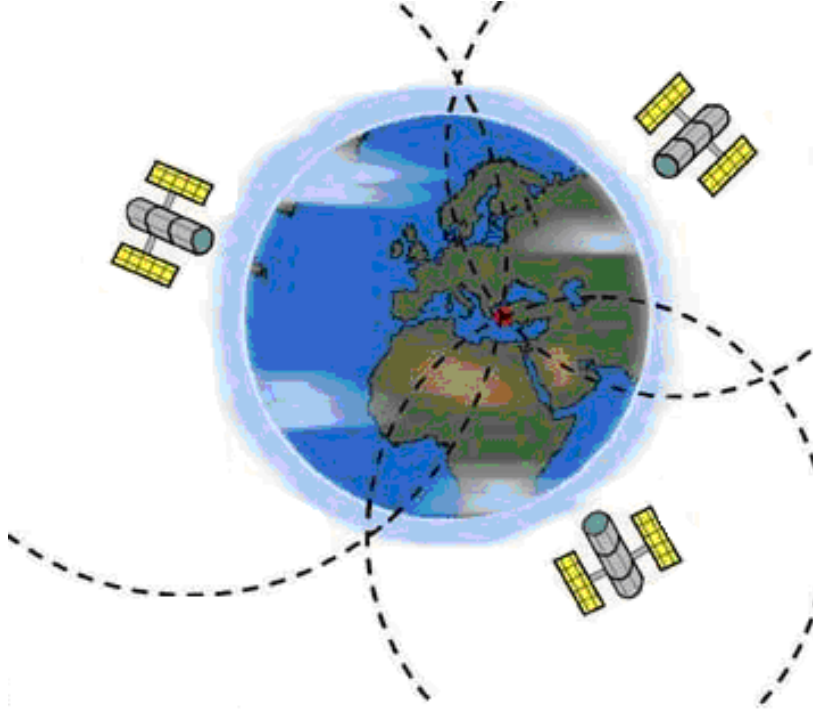
Uydulardan yararlanılarak yapılan GPS ölçmelerinde, elektromanyetik dalgalar kullanılarak uydulardan kullanıcılara veri akışı sağlanmaktadır. Her GPS uydusu konum belirleme amaçlı olarak iki temel frekansa sahip olup bunlar L1 (link 1) ve L2 (link 2)'dir.

GPS sisteminde çift frekans olmasının amaçları; L1 frekansının kesilmesi ya da elektronik karıştırmaya maruz kalması durumunda L2 frekansının yedek frekans görevi görmesi ve çift frekans özelliğinden yararlanarak iyonosferik düzeltme olanağı sağlamasıdır.



Şekil 1.6: Uydu-cihaz bağlantısı

Almanak verileri efemeris ve saat parametrelerinin belirli bir kısmını kapsamaktadır. Amacı, GPS alıcısının ölçüye başlamak için ilk açılması anında hızlı bir şekilde uydulara kilitlenebilmesi için gerekli olan doğruluğu oldukça düşük uydu koordinatlarını sağlamaktır. Almanak verileri her bir uydu tarafından yayınlanmakta ve içerisinde tüm uydulara ait yaklaşık konum bilgileri bulunmaktadır.



**Şekil 1.7: Uyduların kesişme noktası**

Position fix, GPS cihazı tarafından o anda bulunduğumuz noktanın belirlenmesidir. Bu nokta ya enlem/boylam ya da “Universal Transverse Mercator” sistemiyle iki koordinat olarak cihazda görülür. Bulduğumuz noktanın koordinatlarını belirledikten sonra ona bir isim verebiliriz. Buna da GPS dilinde **waypoint** (yol noktası) denir. Bu, katettiğimiz yol üzerindeki bir noktadır. Bazı GPS cihazlarında bu noktaları semboller ile belirlemek mümkündür.

GPS alıcısı, dünya üzerindeki yerini belirleyebilmek için uydularla bağlantı kurmak zorundadır. Buna uyduya kilitlenme (satellite lock, fix veya acquisition) denir. Kilitlenmenin gerçekleşebilmesi için alıcının gökyüzünü rahatça görebilmesi gerekir. Kilitlenmeyle birlikte alıcı uydudan bilgileri almaya başlar. Bu bilgiler sayesinde alıcı konumunu hesaplayabilir. Uydunun gönderdiği her sinyalde zaman da gönderilir. Böylece alıcı uydudan ne kadar uzakta olduğunu sürekli öğrenmektedir.

GPS cihazını ilk açığımızda uydulara kilitlenmeye çalışarak konumunuzu belirleyecektir. Cihazın bunu gerçekleştirebilmesi için yaklaşık 10–15 dakikalık süreye ihtiyacı olur. Bu işleme initialization (başlama) denir. Başlama süresini kısaltmak için GPS cihazına yardım edebiliriz. Eğer cihaza bulunduğumuz yerin koordinatlarını verebilirsek başlama süresi oldukça kısalmaktadır.

GPS bir pusula değildir. Hangi yöne döndüğümüzü göstermez. Eğer hareket hâlindeyse hangi yöne doğru gittiğimizi gösterir.



GPS sistemi, “World Geodetic System 1984” (WGS 84) sistemini kullanır ve yeryüzünde bulunduğunuz noktayı 300 fit (90 M) yüksekliğe kadar kesin bir şekilde bulabilir. Bu yükseklikten sonra sistem hatayı düzeltmek için hesap yapar, hata en aza indirilerek yeryüzündeki hassasiyet yakalanabilir.

Yapılan ölçümlerin hassas olması için uydular, çok komplike ve hassas saatler kullanır. Bu saatler nanosaniye hassasiyetindedir. Tam olarak 0,000000003 saniyeyi gösterebilir (saniyenin milyarda üçü). Sistemin bu kadar hassas olmasının nedeni ise alıcının tam olarak verinin uydudan ne kadar sürede geldiğini hesaplaması gerektiğidir. GPS alıcısı bu süreyi pozisyonunu bulmak için kullanır.

### ➤ **GPS’in çalışma esası**

#### • **Sinyal alma aşaması**

İlk aşama olup alıcı gözlem yapılacak uyduları burada belirler. Alıcı öncelikli olarak hafızasındaki en son uydu ve nokta konum bilgisilerine dayalı olarak herhangi bir uydunun C/A kodunu yakalamaya çalışır. Eğer alıcı hafızasında uydulara ait hiçbir almanak bilgisi yoksa ya da hafızasındaki değerler çok eski zamana ait ise alıcı doğrudan gökyüzünü taramaya başlar. Burada amaç gökyüzündeki herhangi bir uyduya kilitlenerek almanak bilgisini kaydetmek ve bu bilgiyi kullanarak diğer uyduları bulmaktır.

#### • **Uydu izleme aşaması**

Uydu sinyallerinin izlenmesinde korelasyon teknikleri kullanılır. Taşıyıcı dalga frekansını izleyebilmek için taşıyıcı izleme lupu, C/A ve P kodları izlemek içinse kod izleme lupu kullanılmaktadır. Her iki lup, eş zamanlı ve iteratif olarak çalışır. Her iki lup alınan uydu sinyaline kilitlendiğinde doğru uydu-alıcı mesafesi hesabı için navigasyon mesajı çözülür. Bunun sonucunda alıcı dört uyduya kilitlendiğinde, bunlardan alınan navigasyon mesajı yardımıyla alıcı antenine ait konum, hız ve zaman hesabı yapar ve anlık uygulamalar için navigasyon uygulaması başlamış olur.

#### • **Uyduların konumunun önemi**

GPS alıcısı yerini belirlemek için öncelikle uyduların kesin yeri bilinmelidir ve onlara ne kadar uzaklıkta olduğu bulunmalıdır. GPS uyduların yerini şu şekilde öğrenir: Alıcı uydudan iki çeşit bilgi alır. Bunlardan biri, uyduların konumlarını bildiren “almanac data/almanac bilgisi”dir. Almanac bilgisi sürekli olarak yollanır ve GPS’in hafızasında saklanır. Bu sayede GPS her uydunun yörüngesini bilir ve olması gereken konumu hesaplar. Uydular konum değiştirdikçe almanac bilgisi yenilenir.

Uydu yörüngelerinde ufak sapmalar meydana gelebilir. Bu sapmaların hesaplanması için kontrol bölümü uyduların yörünge bilgilerini sürekli olarak izler. Elde edilen bu hata verileri ana kontrol merkezine ulaştırılır ve düzeltilerek buradan uydulara geri gönderilir. Bu düzeltilmiş kesin konum bilgisine ephemeris data – geçici bilgi adı verilir. Bu bilgiler güncelliğini 4 ila 6 saat arasında korur. Ephemeris bilgisi daha sonra kodlanarak GPS

alıcısına gönderilir. Almanak ve ephemeris bilgilerini alan GPS alıcısı, uyduların kesin konumlarını sürekli olarak belirler.

- **Zamanlamanın Önemi**

GPS alıcısının uyduların kesin konumlarını bilmesinin yanı sıra uydulara olan uzaklığını da bilmesi gerekir. Bu sayede, dünya üzerindeki yerini hesaplayabilir. Bunun için basit bir formül kullanılır. Uyduya olana uzaklık; gönderilen sinyalin geliş süresiyle, hızının çarpımına eşittir (Geliş Süresi x Hız = Mesafe)

Uzaklığı belirlemek için kullanılan bu formülde, hızı zaten bilmekteyiz. Radyo dalgasının hızı, atmosferdeki ufak etkiler sayılmazsa ışık hızına eşittir ( $c = 300.000$  km/sn.). Bundan sonra formülün zaman kısmının hesaplanması gerekir. Çözüm uydulardan gelen kodlanmış sinyallerin içinde saklıdır. Gönderilen koda “pseudo-random kod” adı verilir. Böyle adlandırılmasının sebebi, çok düzensiz bir sinyal olmasıdır. GPS alıcısı da aynı kodu üreterek uydudan gelen kodla eşleştirmeye çalışır. Bu iki kodu karşılaştırarak aradaki gecikmeyi tespit eder, bu gecikme miktarı ile ışık hızının çarpımı mesafeyi verir. Yaklaşık olarak bir uydudan sinyalin dünyaya ulaşma süresi 0,06 saniyedir. Saniyenin binde birinde oluşacak bir hata, mesafe ölçümünde 300 km’lik bir kaymaya sebep olacaktır. GPS alıcısının saati, uydudaki saatler kadar hassas değildir. Alıcıya bir atom saati koymak ise çok pahalı ve çok hantal olurdu. Bu yüzden, uyduya olan mesafe ölçümü, “pseudo range” olarak adlandırılır. Bu bilgiyi kullanarak pozisyon belirlemek için 4 uydu kullanılarak saat hatasını minimuma indirinceye kadar ölçüm yapılır.

- **Geometrik hesap**

Şimdi uyduların yerlerini ve uydulara olan uzaklıkları biliyoruz. Diyelim ki birinci uyduya olan uzaklık 20.000 km; bizim yerimiz, merkezi uydu olan ve 20.000 km çapındaki kürenin yüzeyi üzerindeki herhangi bir nokta olabilir. İkinci bir uyduya da 21000 km uzaklıkta olalım. Bu durumda, ikinci küre birinci küre ile kesişerek ara kesitte bir çember oluşturur. Eğer buna 22.000 km uzaklıkta üçüncü bir uydu eklersek üç kürenin ortak kesim noktası olan 2 nokta elde ederiz.

İki olası pozisyon belirlenmesine rağmen bu iki nokta arasında büyük koordinat farkları mevcuttur. Bu iki noktadan hangisinin gerçek pozisyon olduğunu bulmak için GPS alıcısına yaklaşık yükseklik verisinin girilmesi gerekir. Bu şekilde GPS geriye kalan iki boyut içinde kesin pozisyonu belirleyebilir. Fakat üç boyutta yer belirlenmesi için GPS dördüncü bir uydu daha kullanır. Dördüncü uydu bizden 19.000 km uzaklıkta olsun. Bu dördüncü küreyi, önceki kürelerle kesiştirirsek elimizde sadece bir ortak kesim noktası kalır. Bu da üç boyutta kesin konumu belirtir.



- **Almanak bilgisi**

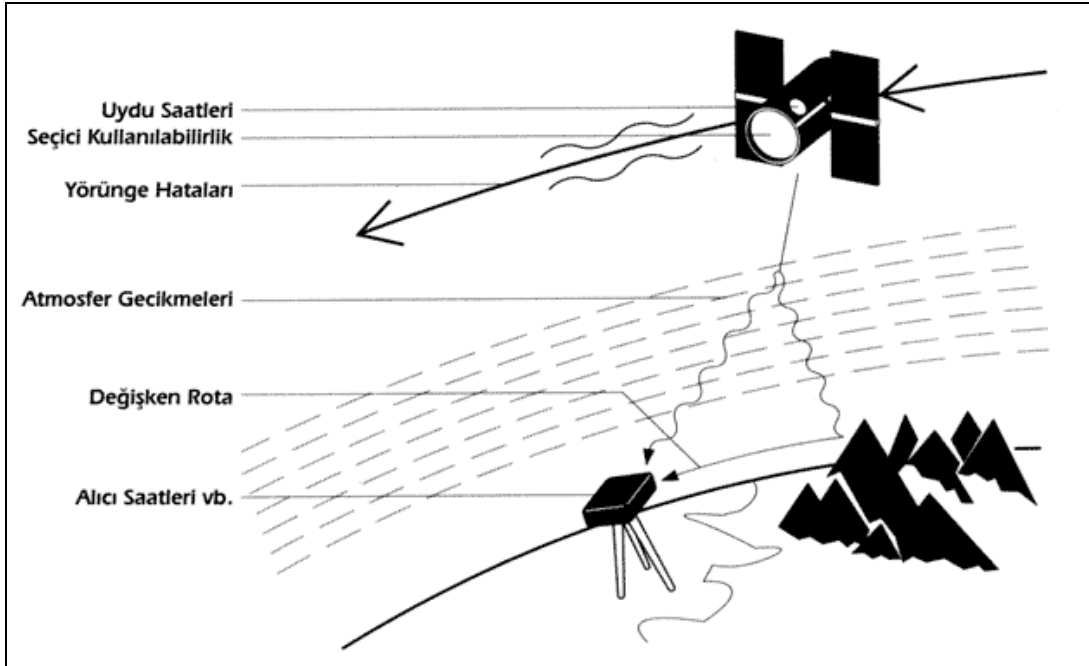
GPS sürekli olarak uyduların konumları ile ilgili bilgileri depolar. Depolanan bu bilgiye “almanak bilgisi” denir. GPS uzun süre çalıştırılmazsa daha önce toplanmış olan almanak bilgisi güncelliğini yitirir. Buna GPS’in “soğuması” (cold) adı verilir. GPS “soğuk” iken çalıştırılırsa uydudan bilgi toplaması uzun sürebilir. Uydulardan alınan bilgiler dört ile altı saat güncelliğini korur, bu süre içinde GPS tekrar açılır ise bu durumda GPS “sıcak” (warm) olarak nitelendirilir ve çalışmaya başlaması çok daha kısa süre alır.

- **GPS alıcı teknolojisi**

Çoğu modern GPS alıcıları paralel, çok kanallı çalışma sistemine sahiptir. Daha önceleri yaygın olan tek kanallı GPS alıcı modelleri çeşitli ortamlarda sürekli olarak uydu takip edemiyorlardı. Paralel alıcılar ise her biri bir uyduyu izlemek üzere, 5 ile 12 alıcı devresine sahiptirler. Bunların içinden en kuvvetli dört sinyal takip edilir. Paralel alıcılar uydulara hızla kilitlenebildikleri gibi yüksek binalar, sık ormanlar gibi zor ortamlarda da efektif bir şekilde çalışır.

#### 1.1.4. GPS ile Pozisyon Ölçümünde Hata Kaynakları

Sivil GPS alıcıları aşağıdaki çeşitli nedenlerden dolayı pozisyon hataları yapmaya meyillidir.



Şekil 1.8: Pozisyon ölçümünde hata kaynakları

### ➤ **Uydu hataları**

Zamanlama GPS için kritik bir faktör olduğu için GPS uyduları atom saatleri ile donatılmıştır. Ancak atom saatleri de mükemmel değildir. Zamanlamada oluşan çok ufak hatalar, mesafe ölçümünde küçümsenmeyecek yanılgılara yol açar. Uyduların uzaydaki pozisyonları ise hesaplamanın başlangıç noktasıdır. GPS uyduları yüksek yörüngelere yerleştirilmişlerdir ve dünyanın üst atmosferinin bozucu etkilerinden etkilenmez. Buna karşın tahmin edilen yörüngelerinde ufak kaymalar yapabilir. Bu da pozisyon hatalarına yol açar.

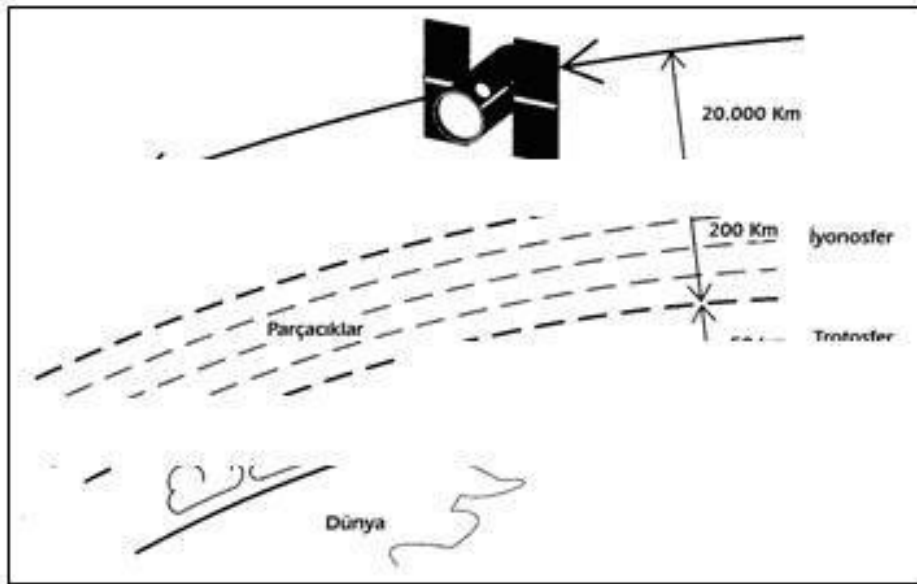
### ➤ **Atmosfer hatası**

GPS uyduları zamanlama bilgilerini radyo sinyalleri olarak gönderir ve bu da ayrı bir hata kaynağıdır. Çünkü dünya atmosferinde, radyo sinyalleri her zaman tahmin edildiği gibi hareket etmez.

Radyo sinyallerinin atmosfer içinde ışık hızında hareket ettiği ve bu hızın sabit olduğu kabul edilse de ışık hızı sadece vakum ortamında sabittir. Radyo sinyalleri, içinde buldukları ortama göre yavaşlama gösterir.

GPS sinyalleri iyonosferde yüklü parçacıklar ve troposferde su buharı tarafından geciktirilir. Tüm hesaplamalarda ışık hızı sabit kabul edildiğinden bu gecikmeler uydunun uzaklığını ölçmede hatalara yol açar.

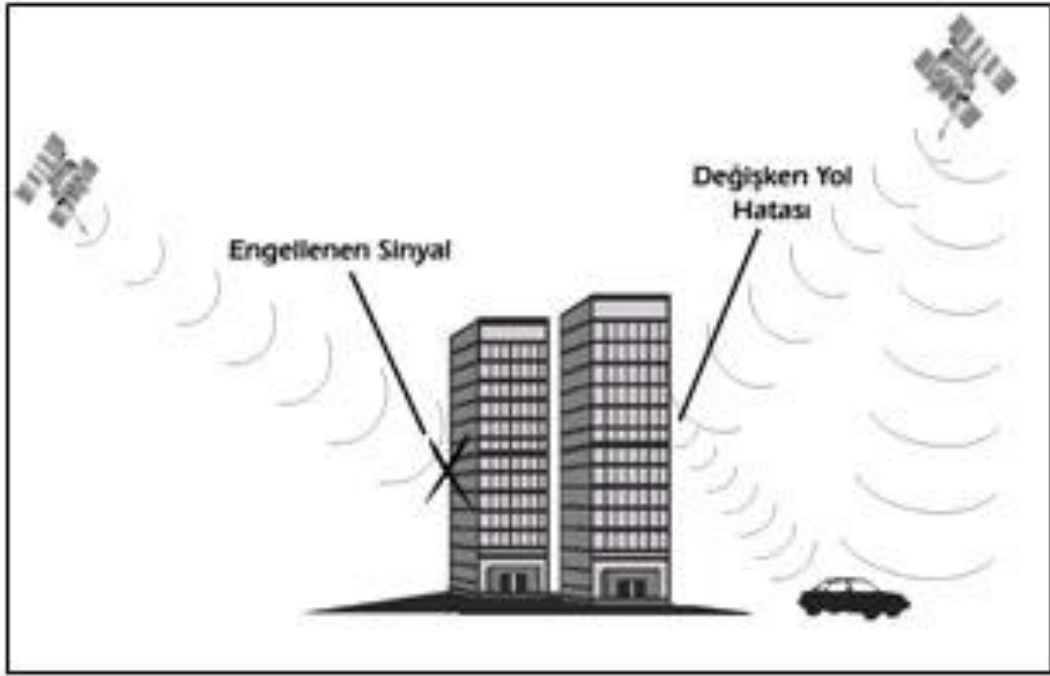
İyi alıcılar atmosfer içindeki bu tipik yolculukta doğacak hataları düzeltmek için bir düzeltme faktörü kullanır. Ancak atmosfer farklı yerlerde ve zamanlarda değişiklik göstereceği için teorik bir hata modeli oluşturulamaz.



**Şekil 1.9: İyonosferde yüklü parçacıklar**

➤ **Değişken rota hatası**

Sonunda dünya yüzeyine ulaşan GPS sinyalleri GPS alıcısına ulaşmadan önce katı cisimler tarafından yansıtılır veya engellenir. Bu hata formuna “değişken rota” (multipath) hatası denir. İlk olarak antene gelen sinyal direkt gelirse daha hızlı ulaşır, sonradan yansıtılarak gelen sinyal diğerinden daha geç ulaşır ve bu sinyaller birbirleriyle karışarak gürültülü sonuç yaratır.



Şekil 1.10: Değişken rota hatası

➤ **Alıcı hatası**

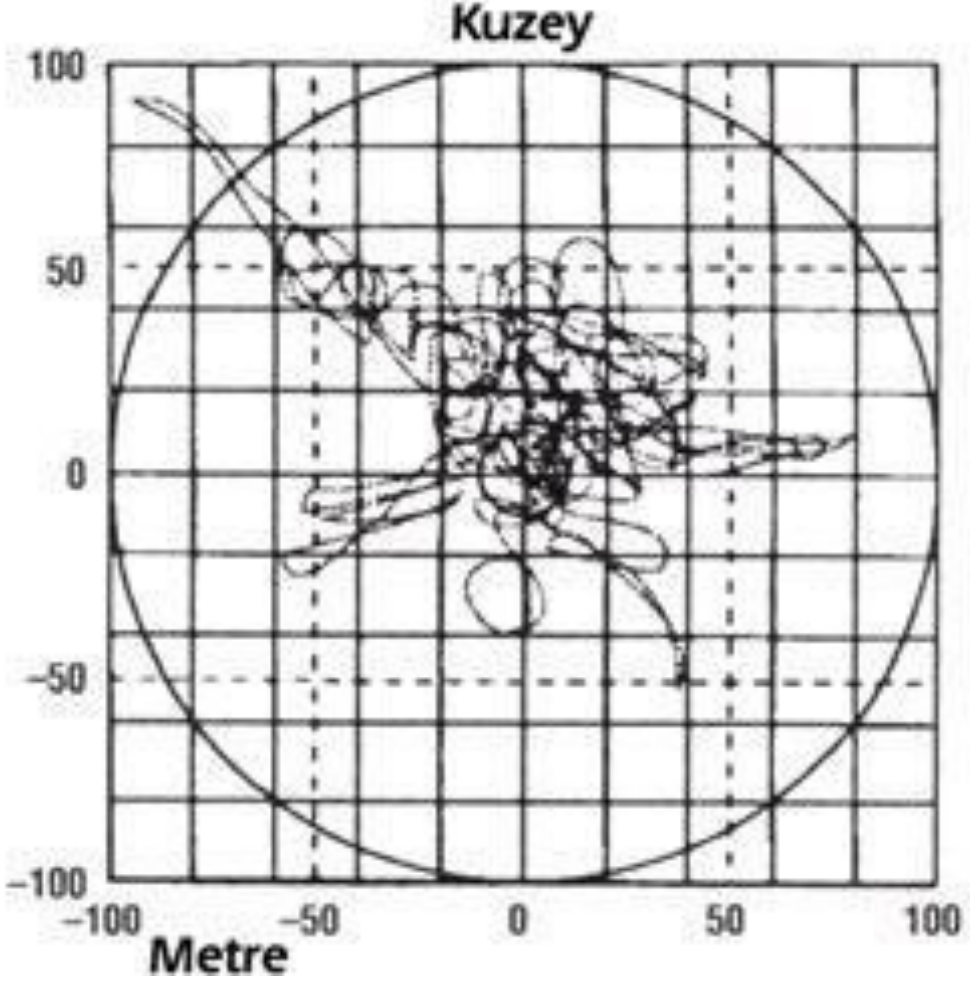
Yerdeki alıcılar da mükemmel değildir. Kendi saatlerinde oluşan kaymaların yanı sıra iç gürültülerden dolayı da hata yapar.

➤ **Seçici kullanılabilirlik (selective availability)**

Yukarıda anlatılan doğal hatalardan daha kötüsü, ABD Savunma Birimi tarafından yapılan “kasti hatalar”dır. Bu "seçici kullanılabilirlik" politikasının altında yatan amaç ise karşı güçlerin GPS sisteminin ABD ve yandaşlarına karşı kötü niyetli kullanımını önlemektir.

ABD Savunma Birimi tarafından GPS uydu saatlerinde ve uyduların yörüngelerinde bazı küçük sapmalar yaratılır. Bu etkiler, sistemin sivil kullanımdaki hassasiyetini önemli ölçüde azaltır.

Eğer sabit bir GPS alıcısını hareketinin konum grafiğini, seçici kullanılabilirlik devrede iken çizmek istersek pozisyonumuzun 100 m çapındaki bir daire içinde dolaştığımızı görürüz.

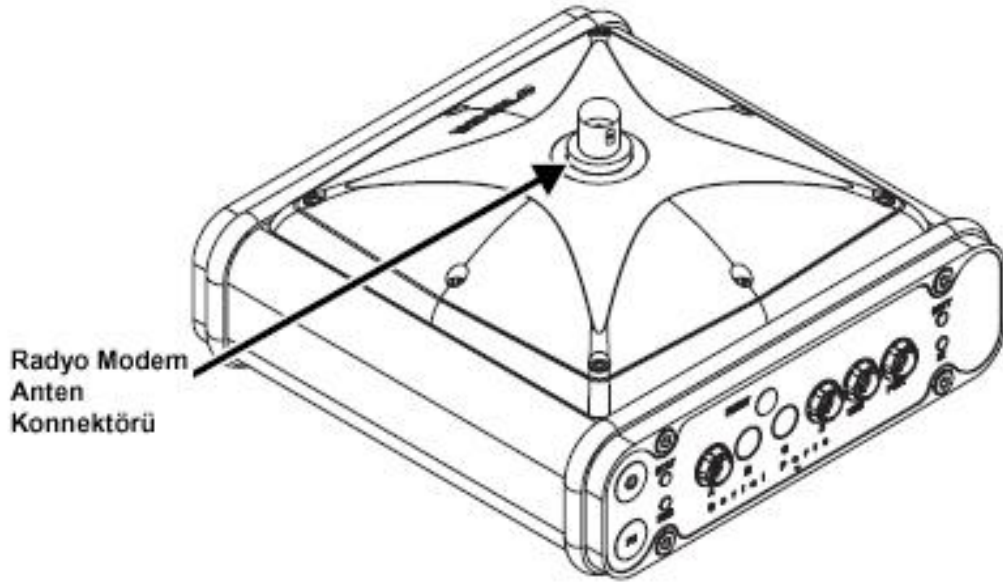


Şekil 1.11: Seçici kullanılabilirlik

Askerî alıcılarda bulunan kod çözücü anahtarlar, hangi hataların devrede olduğunu ve ne kadar olduğunu söyler, böylece hatalar giderilebilir. Bu yüzden askerî GPS alıcıları, çok daha hassas ölçüm kabiliyetine sahiptir.

### 1.1.5. Gps Alıcı ve Anten Sistemleri

GPS alıcı anteninin temel görevi uydulardan yayımlanan sinyalleri, çevresindeki objelerden yansıyan sinyalleri ayıklayarak almaktır. Alıcı antenleri esas olarak uydulardan yayımlanan elektromanyetik dalgaları belirler ve bu dalgalar içerisindeki enerjiyi elektrik akımına dönüştürür, güçlendirir ve alıcı elektrik devrelerine gönderir. Günümüzde antenler kullanım amacına uygun olarak alıcı ile aynı donanım içerisinde bütünleşik veya ayrık yapıdadır.



Şekil 1.12: GPS alıcısı

GPS ölçülerinde kullanılan en önemli donanım **alıcı** ve **anten** sistemidir. Kullanıcının sahip olduğu alıcı-anten sistemi özellikleri ve kapasiteleri ölçü planlamasından, ölçülerin arazi sonrası değerlendirme işlemlerine kadar tüm aşamaları doğrudan etkilemektedir.

GPS alıcısı temel olarak uydu sinyalini kaydeder. Kaydedilen sinyali işleme tabi tutar, anlık uygulamalar için koordinat dönüşümleri yapar, gerektiğinde navigasyon için gerekli bilgileri hesaplar.





**Resim 1.1: Değişik firmalara ait jeodezik amaçlı GPS alıcı ve anten sistemleri**

### **1.1.6. GPS Cihazlarının Özellikleri**

#### **➤ GPS alıcısı**

Multiplex alıcılar bir veya iki uydula bağlantı kurarak ve kendilerine gereken bilgileri gerektiğinde diğer uydulara yönelerek üçgenleme yer tayini yapar. Paralel-kanal alıcılarından daha az pahalıdır ama uydu sinyallerini engelleyebilecek arazi şartlarında (dağlar, binalar, kanyon duvarları gibi) çalışmazlar. Multiplex alıcılar denizde yön bulma için mükemmeldir.

Paralel-kanal alıcılar bir seferde 12 uydunun sinyalini yakalayabilir, böylece son derece karmaşık bir arazide daha hızlı ve güvenilir veri akışını sağlayabilir.

#### **➤ Kanal sayısı**

Bir paralel-kanal alıcısının kanal sayısı arttıkça takip edebileceği uydu sayısı da artacaktır. Böylece uydu sinyallerine kilitlenmesi ve yer belirleme hesaplamalarını yapması da o kadar hızlı ve güvenilir olacaktır. Günümüzde standart kanal sayısı 12'dir ama geçmişte üretilmiş 8 kanallı GPS modelleri de bir çok koşulda yeterli performansı gösterecektir.

### ➤ **Hafıza kapasitesi**

Bir GPS'in en kullanışlı özelliği belirli yerlerin bilgilerini kaydetmesi ve bunları depolama yeteneğidir. Bu depolama özelliği yeri geldikçe gidilen noktaları kaydetmeye olanak tanır. Böylece GPS alıcısı aynı noktaya tekrar gitmek istendiğinde bize rehberlik eder. Bu aynı zamanda "ara nokta"ların (waypoints= başlangıç noktasıyla istikametiniz arasındaki rota) kayıt edebileceği anlamına gelir, bu yüzden rotadan ayrılmadan ilerlemeyi kolaylaştırır. Genelde GPS'in hafızası ne kadar geniş olursa o kadar çok ara noktayı hafızasına kayıt edebilir ki bu da her zaman bir avantajdır.

### ➤ **Rota çıkarma**

Bazı GPS alıcıları ara noktaları sıralı şekilde kaydetmeye olanak tanır. Bunun anlamı başlangıç noktasından son noktaya kadar olan bütün rota verilerinin girişlerini yapabilir sonra faaliyet süresince bir noktadan bir noktaya GPS'e bakarak ilerlenebilir. Bazı alıcılar, herhangi bir yöndeki kayıtlı noktaları takip etme olanağı verir. Bunun anlamı: Faaliyet süresince bu noktalar hafızaya kaydedilir. GPS bizi aynı rotadan geri götürebilir. Evden çıkılmadan önce bu ara nokta verileri yüklenirse (koordinatları haritadan alarak) GPS doğru rotada kalmaya yardımcı olacaktır.

### ➤ **Elektronik haritalar**

Bazı yeni GPS'lerde navigasyonu daha da kolaylaştıran elektronik harita yapıları kurulmuştur. GPS ekranından bulunulan bölgenin haritasına bakarak kendimizi çevremizde bulunanlara göre yönlendirebiliriz. Kimi GPS cihazları belli bazı bölgelerin daha detaylı haritalarını ek kartuşlar sayesinde görüntüleyebilmektedir. Bir faaliyette bulunmadan ve bize rehberlik etmesine izin vermeden önce elimizdeki haritanın detay seviyesini kontrol etmemiz gerekir çünkü bazı haritalar doğada yön bulmak için yeterli detayı içermemektedir.

GPS alıcıları teknolojik olarak gelişmiş cihazlardır. Fakat bu hepsinin kolay kullanılabilmesi anlamına gelmez. Bazı GPS modelleri simülasyon modlarına sahiptir ve bunlar uydu sinyallerine ihtiyaç duymadan çalışır.

### ➤ **Kullanım kolaylığı**

Cihaz bizi A noktasından B noktasına yönlendirirken izlediği aşamalar anlaşılabilir ve uygulanabilir olmalı, aşamaları kolaylaştırmak için şekiller ve semboller kullanılmalı, kullanım kılavuzunu yitirmemiz hâlinde temel fonksiyonlarını kendimizin çıkarabilmesi mümkün olmalı, rotaya sadık kalmak kolay olmalıdır.



### ➤ **Bilgi içeriđi**

Enlem ve boylam koordinat bilgilerini vermeli, ayrıca UTM (universal tranverse mercator) ve UPS (universal polar stereographic) bilgilerini vermelidir. Değişik haritalar değişik koordinat sistemleri kullanır. GPS almadan önce haritaya aynı dili konuşup konuşmadığına dikkat edilmelidir.

### ➤ **Ekran**

Görüntü ekranı kolay seçilebilmeli, değişken ışık altında rahat okunabilmeli, düşük ışıkta ve hava karardığı zaman ışığı yeterli gelmeli, görüntü net ve temiz olmalıdır.

### ➤ **Giriş tuşları**

Giriş tuşları anlaşılır ve kullanışlı olmalıdır.

### ➤ **Anten kurulumu**

İç kısma yerleştirilmiş antenler en az zarar görebilecek olanlardır. Dışta yer alanlar ise daha az korunaklıdır fakat bazı durumlarda yönü değiştirilerek alıcının uydulara kilitlenmesi kolaylaştırılabilir. GPS arabada veya teknede kullanılmak isteniyorsa bunun için opsiyonel dış anten takılabilir olması uygun olacaktır. Bunlar uydu sinyallerinin geçemediği metal tavanlı bir yerde olunması durumunda bile sinyalleri yakalayacaktır.

### ➤ **Veri hızı**

GPS birimleri sabit olarak lokasyon bilgilerini araştırır ve işler. Fakat bazıları verileri, daha hızlı işleme ve güncelleme olanağı sunar. Genelde bir GPS'in sahip olduğu kanal sayısı arttıkça daha hızlı hesap yapabilir ve ekrandaki bilgiyi daha çabuk yeniler.

### ➤ **Hassasiyet**

Günümüzde modern GPS'lerin yeterli sayıda uyduya kilitlendiklerinde 4-5 metreye kadar hassasiyet yakalaması mümkündür.

### ➤ **Download kapasitesi**

Modern bazı GPS'ler PC'de ara nokta (way point) verilerini saklamaya yardımcı olacak bazı yazılımları da beraberinde getirir. Bu özellik, GPS'in kaldıracabileceğinden daha fazla veriyi toplamanıza yardımcı olur ve kolayca PC'den her gezi için gereken bu verileri indirebilirsiniz.

➤ **Güç kaynağı**

Cihaz birkaç çeşit pille çalışabilmelidir.

➤ **Pil ömrü**

Cihaz yeni pillerle uzun süreli kullanılmalı, kullanılmadığı zamanlarda enerjiden tasarruf etmek için "askıya alma" fonksiyonu olmalı, kapatıldığında hâlâ bilgileri saklayabilmeli, tekrar cihaz açıldığında uydu sinyallerini yeniden algılaması kısa sürmelidir.

➤ **Destek pil**

Birçok yeni GPS alıcısı üzerindeki destek piller sayesinde ana pil bittiğinde dahi kaydedilen veriler güvencede olur. Ne kadar uzun destek ömrü varsa verileri kaybetme riski o kadar düşük olacaktır.

Genel olarak hafif ve küçük GPS cihazları kullanımı daha kolay olanlardır. Fakat ağırlık ve hacim tasarrufunun belli bir maliyeti vardır. Bunlar ya daha pahalıdır ya da daha az özelliğe sahiptir.

Neredeyse tüm modern GPS'ler su sıçramasına, anlık su temasına, ani yağmur baskınlarına dayanıklıdır.

## 1.2. GPS Gözlemlerinin Yapılması

GPS gözlemleri aşağıda anlatıldığı gibi yapılır.

### 1.2.1. GPS Alıcısının alıştırılması

GPS alıcılarının standart alıştırma prosedürleri yapımıcı firmannın kullanım kılavuzunda açıklanmaktadır. GPS alıcısı, haricî anten kullanılıyorsa anten takıldıktan sonra çalıştırılır.



Resim 1.2: GPS üniteleri

Alıcının “Non-Volatile Random Access Memory” (NVRAM) almanak, efemeris ve pozisyonu gibi uydu yakalamak için gerekli dataların tutulduğu hafızadır. Ayrıca NVRAM geçerli alıcı ayarları -örneğin aktif anten tipi- yükseklik açısı, kayıt aralığı ve alıcının dâhilî dosya yapısı ile ilgili bilgileri de saklar.

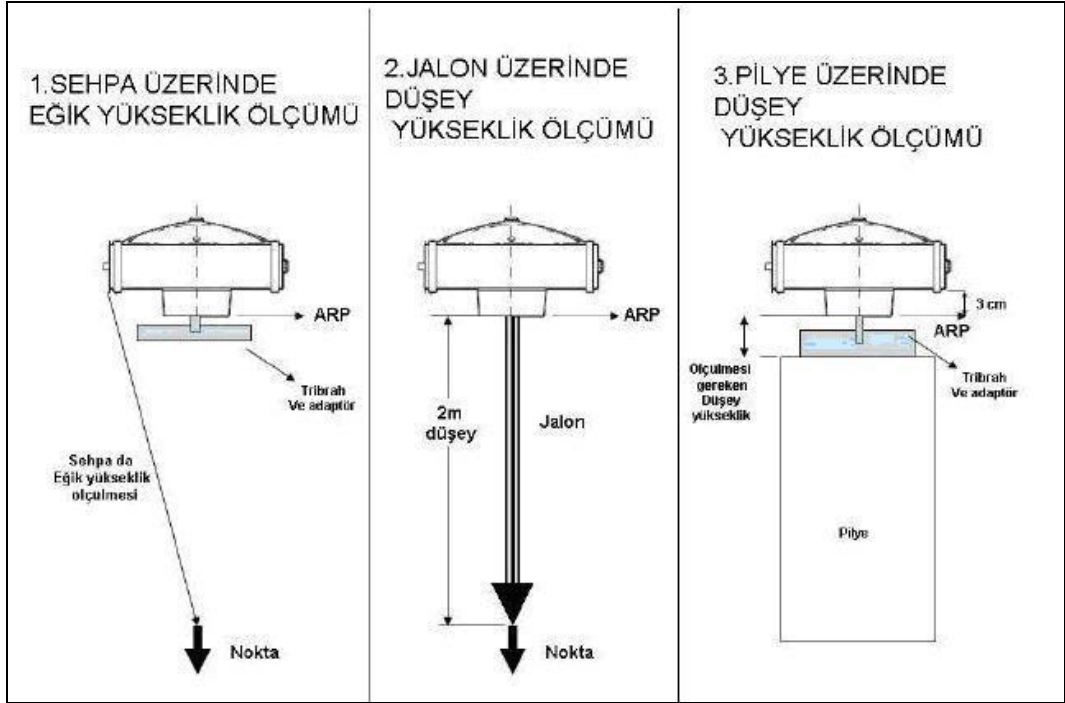
GPS ölçmelerinde gözlenen tüm veriler alıcı markasına bağımlı ‘binary’ formatta kaydedilmektedir. Alıcı hafızasına kaydedilen bu veriler daha sonra bilgisayara aktarılır. GPS alıcısı üreten firmalar, genellikle kendi özel veri tabanı sistemlerini oluşturmakta ve toplanan GPS verilerinin bu veri tabanı sistemine uygun kendi özel değerlendirme yazılımlarını kullanarak hesaplanmasını önermektedir. Günümüzde sayısız GPS kullanıcısı, farklı alıcılarla yapılmış GPS ölçmelerini RINEX formatını girdi kabul eden tek bir yazılımla değerlendirebilmektedir. RINEX formatı dört farklı ASCII dosyadan oluşmaktadır.

### **1.2.2. Anten Yüksekliklerinin Ölçülmesi**

Cihaz sehpa ile nokta üzerine kurulduğunda cihazın ön ve arka yüzünde bulunan üçgen işaretinin ucundan metre ile noktaya olan yükseklik ölçülür. Bu eğik (slant) yüksekliktir.

Cihaz pilyeye kurulduğunda yükseklik düşey (vertical) olarak ölçülmelidir. Cihazın düşey yükseklik ölçme yeri, altında bulunan ARP (antenna referans point) çıkıntısının altıdır.

Cihaz ile jalon üzerinde ölçü yapılırken yükseklik jalonun cihaza vidalandıktan sonraki boyudur ve düşey (vertical)dır. Standart GPS’ler ile verilen jalonların boyu 2 m’dir ve anten yüksekliği 2 m düşey (vertical) olarak alınır.



**Şekil 1.13: Anten yükseklikleri**

NVRAM'ın temizlenmesi çoklukla yapılan bir seçenek olmamasına rağmen bazı zamanlar haberleşme ve uydu yakalama problemlerini ortadan kaldıracaktır. NVRAM'ın temizlenmesi bilgisayarınıza soft reset atmaya benzetilebilir. NVRAM alıcının dosya system bilgilerini saklar. NVRAM temizlendikten sonra alıcı modu seçilmelidir.

Alıcıda yüklü bulunan firmware versiyonu kontrol edilmelidir. Sabit ve gezici alıcıda aynı versiyon firmware yüklü olmalıdır ve en son güncellenmiş yazılım olduğuna dikkat edilmelidir.

Alıcının konfigürasyonu (genel ayarlar) yapılmalıdır. Alıcıya ait birçok ayar bilgisayara bağlanıp program kullanılarak yapılabilir. Bu ayarlar yapıldığında tekrar ayar yapana kadar alıcının NVRAM'ında saklanacak ve bu ayarlara göre çalışacaktır.

### 1.2.3. Almanak Bilgilerinin Toplanması

Her bir uydu kendi yörünge ve diğer uyduların yaklaşık yörünge bilgilerini yayımlar. Alıcınızda almanak bilgileri varsa uydu arama ve yakalama süresi daha kısa olacaktır.

Alıcı düzenli olarak hafızasındaki almanak verilerini günceller ve en güncel almanak bilgilerini NVRAM hafızasına kaydeder.

- Alıcınızı gökyüzü görüş açıklığı olan bir yere kurunuz, eğer gerekli ise haricî anten bağlayınız.

- Alıcıyı açınız, alıcının uydulardan almanak bilgilerini alması için yaklaşık 15 dakika bekleyiniz.
- 15 dakika geçmesine rağmen alıcınız uydu yakalamazsa cihaza ait kullanım kılavuzundaki yönergeleri izleyerek alıcınızın NVRAM'ını temizleyiniz.

Ölçü bittiğinde alıcının dâhilî hafızasındaki bilgiler bilgisayara aktarılır. Aktarma işleminde üretici firmanın yayınlamış olduğu programdan yararlanır. Program, alıcının dâhilî hafızasındaki dosyaları bilgisayara aktarmaya ve silmeye izin verir.

#### 1.2.4. El Kontrol Ünitesini Çalıştırma

El kontrol ünitesiyle gözlem yapılabilmesi için aşağıdaki işlem sırası takip edilir.

- **Statik oturumun başlatılması:** Bu işlem öncesinde el kontrol ünitesinin genel ayarlarını yapınız (programın çalıştırılması, ölçü yönteminin seçilmesi, yeni iş dosyasının açılması vb.).
- **Ölçü datalarının export (dönüştürme ve data aktarma işlemi) edilmesi:** Ölçü işlemi bittikten sonra dönüştürme ve aktarma için gerekli ayarları seçiniz.
- **Sabit referans istasyonundan düzeltme alınması:** Sabit referans istasyonlarından yayınlanan RTK (**gerçek zamanlı kinematik**) düzeltmelerinin yazılımda kullanılması ile ilgili ayarları yapınız.

Sabit referans istasyonlarından kontrol merkezlerine gelecek olan GNSS verileri, bu kontrol merkezlerindeki software ile değerlendirilecek ve sonrasında da saha uygulaması yapan gezici alıcılara hassas bir şekilde düzeltme verisi yayınlayacaktır. Bu amaçla, gezici vericiler internet üzerinden CORS-TR kontrol merkezlerine bağlanmak ve veriyi almak durumundadır.

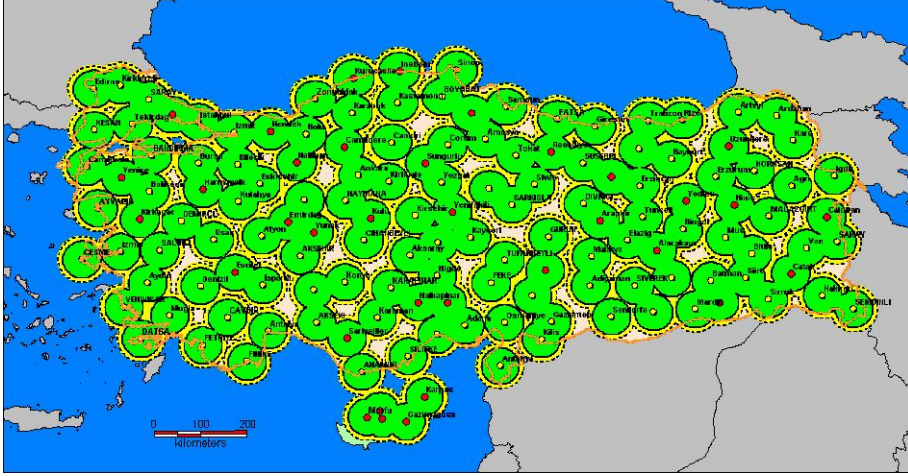


**Resim 1.3: Cors Tr kontrol merkezi**

Cors; "Ağ prensibinde çalışan gerçek zamanlı kinematik (RTK) prensipli sabit GPS istasyonlarının kurulması ve hücresel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesine ilişkin araştırma ve uygulama projesi"dir.



Cors Projesi, İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) ile Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) tarafından ortaklaşa hazırlanan, Tübitak'ın desteğinde yürütülen bir projedir. Bu proje kısaca CORS-TR Projesi olarak anılmaktadır.



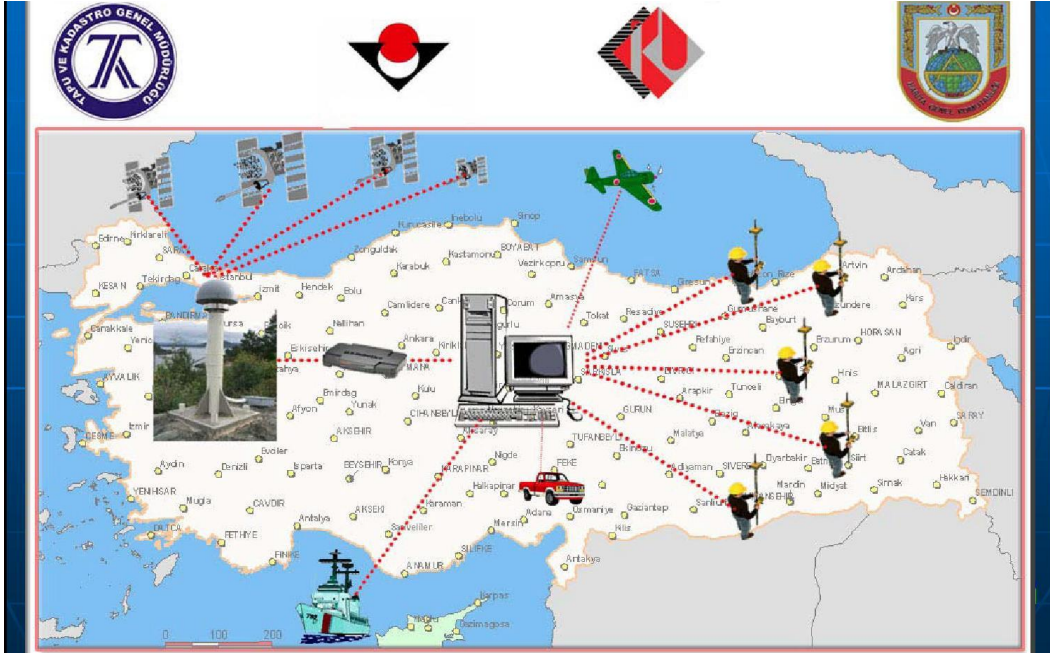
Şekil 1.14: Cors-Tr projesindeki nokta kapsama alanları

➤ **CORS projesinin faydaları:**

- Sistem gerçek zamanda kullanılabilir.
- Tüm kullanıcılar kurulacak merkezlerden hizmet alabilir.
- Ülke genelinde hizmete sunulabilir.
- Tüm coğrafi bilgi teknolojilerine altlık oluşturabilir.
- ED50 ve ITRFyy datumu ilişkileri sağlanabilir.
- Uçak, gemi, tır, otobüs, taksi, ambulans vb. araçların sürekli izlenmesi ve yönlendirilmesi mümkün olabilir.
- Kişisel olarak yön, yol ve adres bulmaya imkân tanır.
- Çok hızlı, ucuz ve duyarlı kadaströ ölçümü yapılabilir; mühendislik, haritalama ve uygulama çalışmaları yürütülebilir.
- Coğrafi kent ve bilgi sistemleri için faydalı çalışmalar yürütülebilir.

Projenin kadastral kullanımı: ED50 datumundan ITRF'e dönüşümün yapılması suretiyle RTK prensipli sabit GPS istasyonları verilerinden faydalanılarak hızlı bir şekilde, homojen duyarlılıkla elde edilen parametrelerle mevcut STK haritalarının dönüşümlerini tamamlamaktır.





**Şekil 1.15: TUSAGA-Aktif (CORS -TR)**

Kıscacası CORS-TR projesi; ülkemizde de haritacılıkta yer tesisi yapma zorunluluğunu büyük ölçüde kaldıracak, kullanıcılara yüksek teknolojinin kolaylıklarını ve ürünlerini sunacaktır.

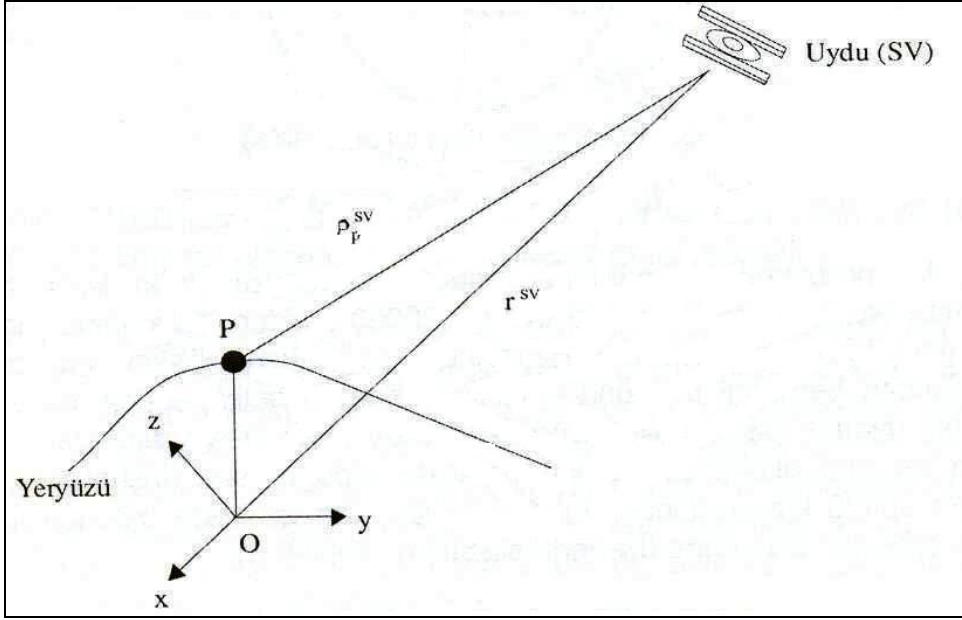
NOT: Bu sistem şu an Türkiye’de kullanılmakta olan tüm GNSS alıcıları tarafından desteklenmektedir.

- **Ölçü datalarının dönüştürme işlemlerinin yapılması:** Kullanıcı tanımlı datum ve projeksiyon giriş ayarlarını yapınız.

Türkiye şartlarında GPS ağ dengelenmesi ile elde edilen ve WGS84 ya da (ITRFyy) sisteminde elde edilen nokta koordinatlarının öncelikle ED50 sistemine dönüştürülmesi gerekmektedir. Daha sonra ED50 sistemindeki koordinatlar UTM koordinat sistemine dönüştürülmelidir.

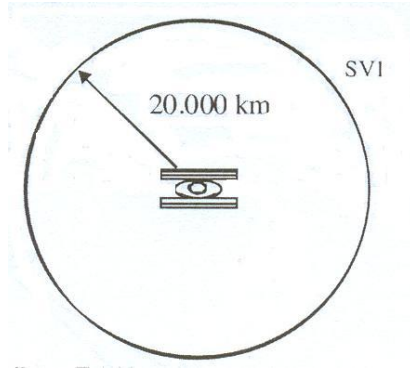
### 1.3. GPS ile Konum Belirleme Yöntemleri

➤ GPS ile konum belirlemede temel düşünce:



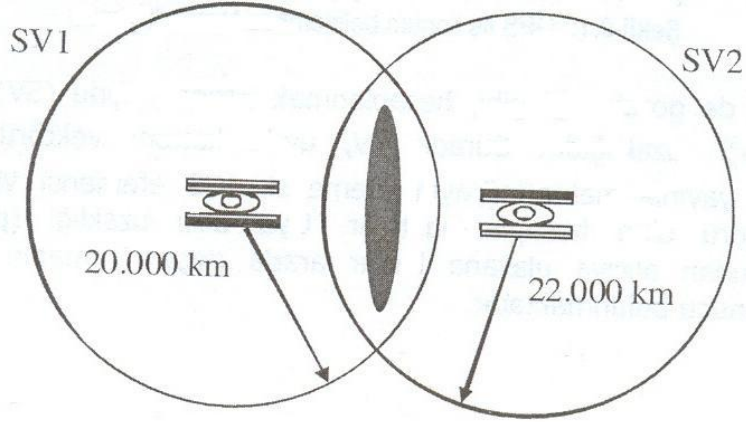
Şekil 1.16: GPS ile konum belirlemede temel düşünce

Uydu-alıcı uzaklığı yaklaşık 20000 km kabul edilirse bu durumda, uydudan 20000 km uzaklıktaki nokta ile merkezi uydu olan ve yarıçapı 20000 km olan uzayda hayalî bir küre tanımlanmış olmaktadır (Şekil 1.18).



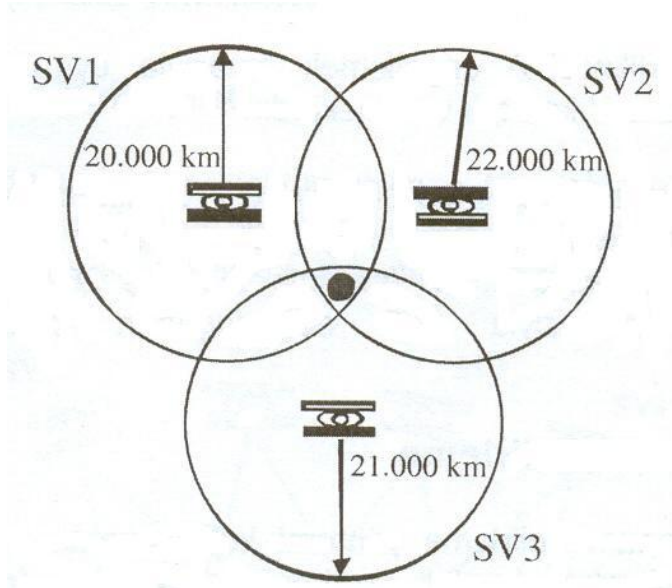
Şekil 1.17: Tek bir uydudan tek bir alıcıya uzaklık

Ancak bu durumda kürenin neresinde olduğumuza ilişkin kesin bir bilgi bulunmaz. Elimizdeki tek bilgi uyduya 20000 km'den daha uzak ya da yakın olmadığımızdır. Uydu mesajlarında doğrultuya ilişkin hiçbir bilgi olmadığından herhangi bir yönde olabiliriz. Konum belirlemedeki bu belirsizlik ikinci bir uyduya da uzaklık ölçüsü yapılarak biraz daha daraltılabilir. İkinci bir uyduya da 22000 km uzaklıkta olduğumuzu düşünürsek birinci uydudan 20000 km ve ikinci uydudan 222000 km uzaklıkta bulunan nokta iki kürenin arakesiti olan daire şeklinde olacaktır.



**Şekil 1.18: İki uydu-iki alıcı uzaklığı**

Şekilde görülen duruma karşın siyah bölgenin neresinde olduğumuz hâlâ kesin değildir. Bu nedenle üçüncü bir uydu daha eklememiz gerekmektedir. Bu uydunun uzaklığı da 21000 km olsun. Bu üç uyduya ait kürelerin kesim noktası uzayda iki nokta tanımlamaktadır.



**Şekil 1.19: Üç uydu- üç alıcı uzaklığı**

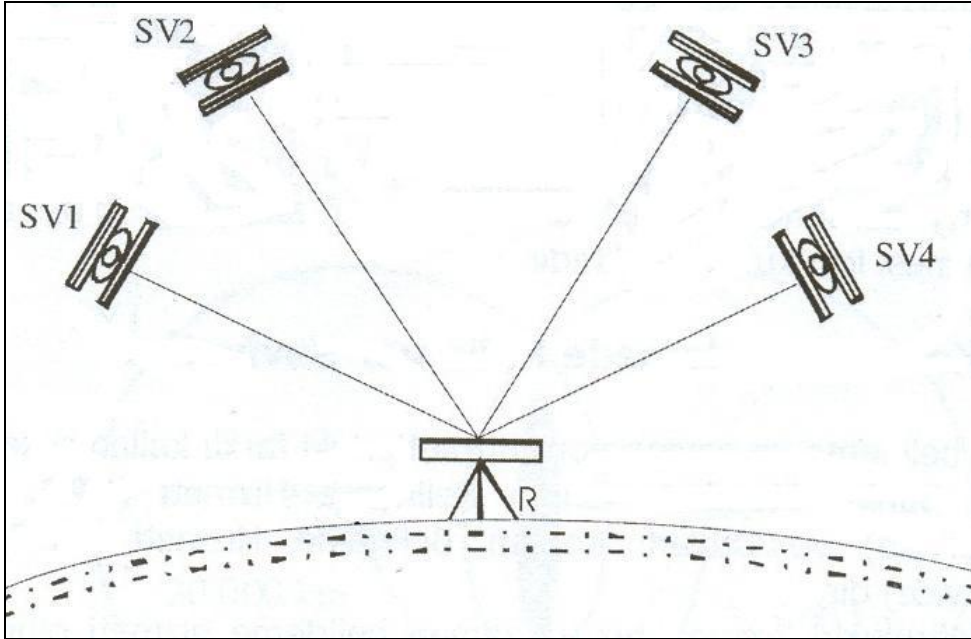
Bu iki nokta 21000 km uzaklıktaki uyduya (SV3) ait kürenin, SV1 (21000 km) ve SV2 (22000 km) uydularına ait kürelerle kesiştiği noktalardır.

Şu anda bulunan nokta bu iki noktadan birisidir. Ancak hangisinin doğru nokta olduğu henüz belirlenmemektedir. Bu problemin çözümü, dördüncü bir uyduya gözlem yapmaktır. GPS ölçmelerinde temel olarak zaman ölçüldüğü için (Gerçekte örnekteki uzaklıklar yerine

zaman kullanılmaktadır.) dördüncü uydu, alıcı saati hatasının giderilmesi için kullanılmaktadır.

GPS ile iki ana konum belirleme yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar, mutlak konum belirleme ve göreceli konum belirlemedir.

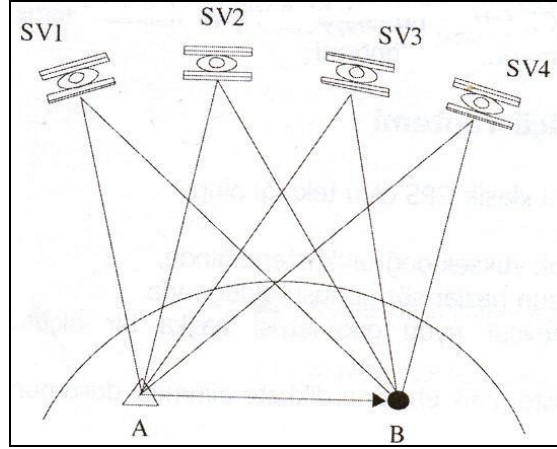
**Mutlak konum belirleme:** Tek bir alıcı ile normal olarak dört ya da daha fazla uydudan kod gözlemleri yapılarak üzerinde alıcı kurulu olan noktanın koordinatları belirlenmektedir.



Şekil 1.20: Mutlak konum belirleme

Yöntem, sinyalin uydu çıkışından alıcıya varışına kadar geçen zaman ve ışık hızı çarpılarak hesaplanan uydu-alıcı uzaklıkları ve uyduların bilinen koordinatları ile uzayda geriden kestirme esasına dayanmaktadır. Alıcı koordinatları, kullanılan kod bilgisine (P kod, PA kod) ve uydu geometrisine bağlı olarak anında ve mutlak anlamda belirlenebilmektedir. Bu yöntem alıcının sabit olması durumunda statik, hareketli olması durumunda ise kinematik konum belirleme olarak tanımlanır.

**Görelî konum belirleme:** Koordinatları bilinen bir noktaya göre diğêr nokta ya da noktaların koordinatlarının belirlenmesidir (Şekil 1.22).



**Şekil 1.21: Görelî konum belirleme**

Şekilde görüldüğü gibi A noktası koordinatları bilinen bir referans (sabit) noktasını, B ise koordinatları hesaplanacak olan diğêr noktayı ifade etmektedir. Böylece matematiksel olarak B noktasının koordinatları,

$$\underline{X}_B = \underline{X}_A + \underline{b}_{AB}$$

$$\underline{b}_{AB} = \begin{bmatrix} \underline{\Delta X}_{AB} \\ \underline{\Delta Y}_{AB} \\ \underline{\Delta Z}_{AB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_B - X_A \\ Y_B - Y_A \\ Z_B - Z_A \end{bmatrix}$$

formülü ile ifade edilmektedir.

Görelî konum belirleme için iki ayrı noktada kurulmuş olan iki alıcı ile aynı uydulara eş zamanlı kod ya da faz gözlemleri söz konusudur.

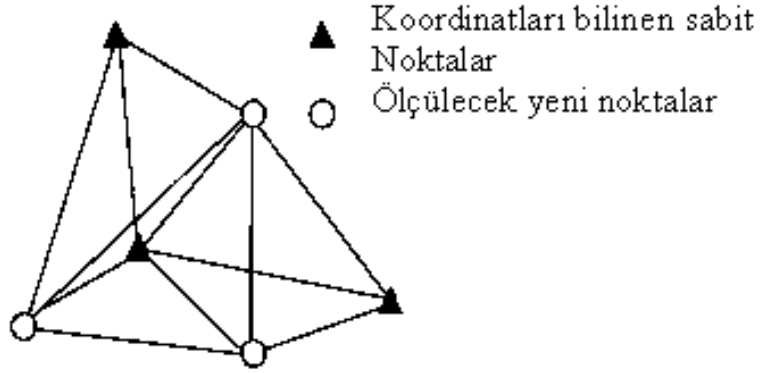
Görelî konum belirleme ile elde edilen doğruluk mutlak konum belirlemeden çok daha iyi olup alıcı tipi, ölçü süresi, gözlenen uydu geometrisi, uydu sayısı ve kullanılan efemeris bilgisine bağı olarak elde edilen doğruluk 0.001 ile 100 ppm arasında değışmektedir.

Kot gözlemleri ile anında konum belirleme amacı için yeterli doğruluk sağlanmakta olup ancak mühendislik hizmetleri için çok daha duyarlı sonuçlara gereksinim vardır. Bu amaç için faz gözlemleri kullanılmaktadır. Faz gözlemleri kullanılarak yapılan görelî konum belirlemede genel olarak beş farklı yöntem mevcut olup bunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Statik ölçme yöntemi
- Hızlı statik ölçme yöntemi
- Tekrarlı ölçme yöntemi
- Dur-git ölçme yöntemi
- Kinematik ölçme yöntemi

### 1.3.1. Statik Ölçme Yöntemi

Çok yüksek doğruluk gerektiren durumlarda ve uzun nirengi kenarlarının ölçümü söz konusu olduğunda (>15 km) kullanılır. Bu yöntemde 2 adet alıcı (A,B) koordinatı önceden bilinen noktaya kurulur, 3. alıcı (C) eş zamanlı olarak koordinatı hesaplanacak noktaya kurulur ve en az 45 dakikalık gözlem yapılır. 2 adet koordinat ve 3 adet kenar yardımı ile (kenar-kenar-kenar üçgen çözümü) C noktasının koordinatları maksimum 1 cm duyarlılıkla hesaplanır (Ana nirengi ölçümü).



Şekil 1.22: Statik ölçü yöntemi

### 1.3.2. Hızlı Statik Ölçme Yöntemi

Bu yöntem, yukarıdaki ile aynı olup tek fark, ölçü süresinin 7–20 dakika arasında olmasıdır. Bu sayede 10 km'den kısa kenarlar, 3–8 cm duyarlılıkta koordinat hesaplanabilir (dizi nirengi ve poligon ölçümü).

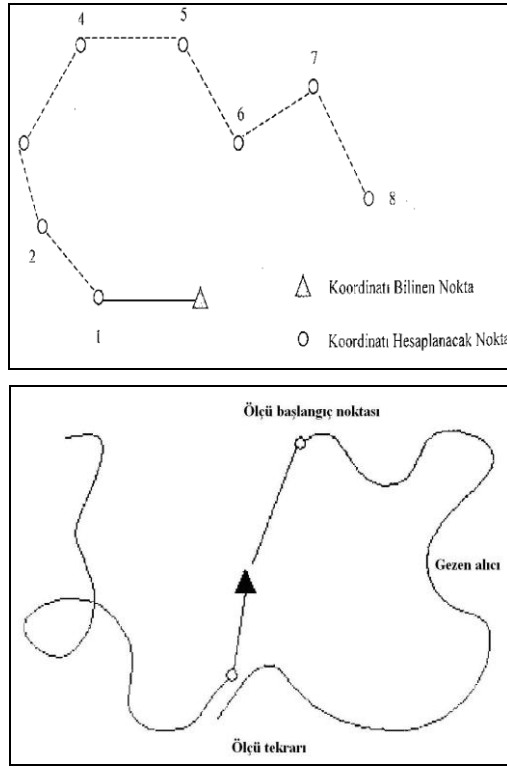
Genel olarak alıcılardan biri, referans noktası üzerinde sabit bırakılarak sürekli gözlem yaparken başka alıcı ya da alıcılar tüm diğer noktalara çok kısa süreler için kurularak eş zamanlı gözlemler yapılır. Hızlı statik yöntemin uygulanmasında, konumu belirlenecek olan yeni noktalar arasında alıcı taşınırken açık olması gerekmemektedir. Bu da pratik açıdan büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu yöntemde ölçü süresi noktalar arası uzaklığa ve uydu geometrisine bağlı olup uydu sayısı arttıkça aynı uzunluktaki bazda ölçü süresi azaltılabilir.

Uydu Sayısı	Ölçü Süresi
4	> 20
5	10 – 20
6 ve daha fazla	5 – 10

Tablo 1.1: Hızlı statik ölçü yönteminde uydu sayısı ve ölçü süresi

### 1.3.3. Dur-Git Ölçme Yöntemi

Bu yöntemde de bir alıcı, sabit bir referans istasyonunda bulunmakta ve diğer alıcı veya alıcılar ise ölçülecek noktaları gezmektedir. Dur-git ölçüsüne başlarken ilk noktada birkaç dakikalık statik ölçü yapılarak faz belirsizliği çözülmekte ve alıcı kapatılmadan aynı uyduları izlerken diğer noktalar birkaç epokluk veri ile ölçülmektedir. Uydu sayısının 4'ün altına düşmesi durumunda faz belirsizliğinin yeniden çözülmesi gerekmektedir. Bunun için ölçülere başlangıçtan itibaren yeniden başlanır veya bir sonraki noktada daha uzun süre beklenerek faz belirsizliği yeniden belirlenir. Yöntem özellikle birbirine çok yakın noktaların ölçülmesinde uygun sonuçlar vermektedir. Doğruluğu ise 1-2 cm+1 ppm civarındadır.

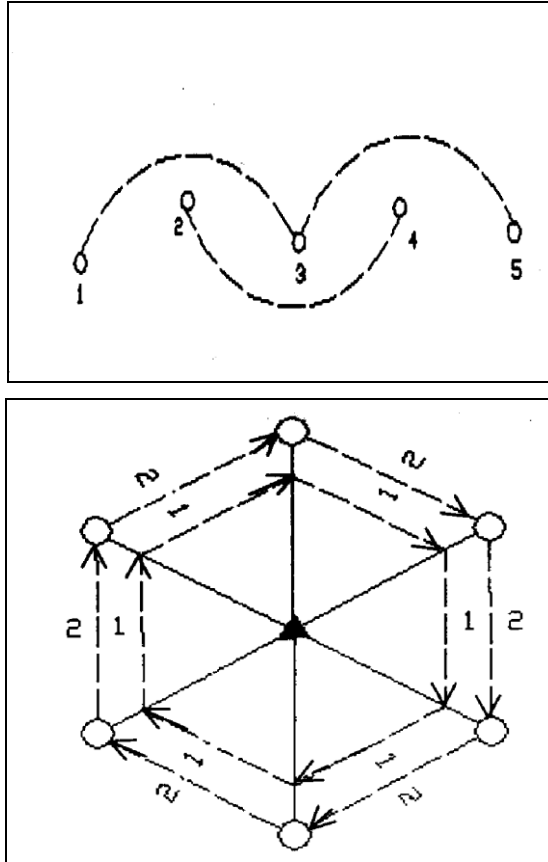


Şekil 1.23: Dur-git ve kinematik GPS ölçme yöntemleri



### 1.3.4. Tekrarlı Ölçme Yöntemi

Değişen uydu geometrisinden yararlanarak ölçülecek noktaların 1-4 saatlik zaman aralığında, birkaç dakikalık süre ile en az iki kez ölçülmesi ile gerçekleştirilen bir GPS ölçme yöntemidir. Gerek statik yöntem gerekse kinematik yöntemle benzerlik gösteren bu yöntem, özellikle uydu geometrisinin zayıf olduğu durumlarda veya tek frekanslı alıcıların kullanıldığı durumlarda uygun sonuçlar vermektedir. Yöntem merkezsel baz veya travers yöntemi olarak ikiye ayrılabilir. Merkezsel baz yönteminde alıcılardan birisi sabit kalmakta diğer alıcılar ölçülecek noktalarda gezdirilerek hızlı statik yöntemle benzer şekilde referans istasyonu ile ölçülen noktalar arası baz vektörleri elde edilerek çözüm sağlanır. Travers yönteminde ise sabit alıcı yoktur, her iki alıcı da hareketlidir. Bu yöntemde ölçüler atlamalı olarak yapılmaktadır. Bu şekilde birbirine komşu ardışık baz vektörleri bir dizi boyunca ölçülmektedir. Her iki yöntemde ölçü tekrarı sırasında aynı alıcının aynı noktada bulunması sağlanarak alıcıların homojen olmamasından kaynaklanan birtakım hatalar indirgenebilir. Yöntemin doğruluğu 5-10 mm+1 ppm civarındadır.

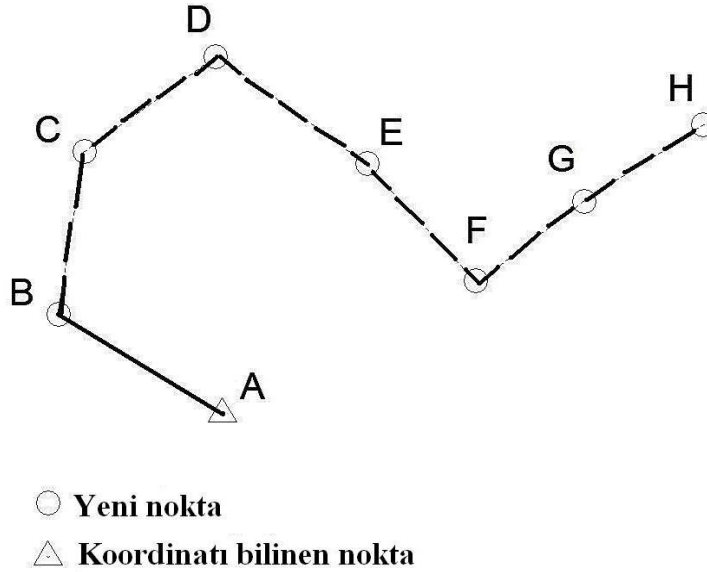


Şekil 1.24: Tekrarlı (travers ve merkezsel baz) GPS ölçme yöntemleri



### 1.3.5. Kinematik Ölçme Yöntemi

Bu yöntemde 1. alıcı koordinatı bilinen noktada (A) statik ölçü yaparken 2. alıcı koordinatı hesaplanacak noktaya (B) kurulur ve yaklaşık 3–5 dk. belirsizlik parametresinin tespiti için (initializing) yerinde sabit kalır. Alıcı bu parametreyi belirledikten sonra 4 uydudan aldığı sinyalleri kaybetmeden hareket etmeye başlar ve koordinatı hesap edilecek noktalarda (C,D,E,F,G,H) 5–10 saniye bekleyerek alım yapar. 4 uydudan alınan sinyalin kaybolması durumunda belirsizlik parametresinin yeniden tespiti gerekecektir. Bu yöntem koordinatı bilinen noktadan 5 km'ye kadar mesafede poligon ve detay ölçülmesinde kullanılır. Ancak koordinat hesabı için alıcılardaki bilgilerin bilgisayar ortamında uygun bir programla değerlendirilmesi gerekir.



Şekil 1.25: Kinematik yöntem

#### ➤ Gerçek zamanlı kinematik yöntem (Real Time Kinematic-RTK)

Bu yöntem prensip olarak kinematik yöntem ile aynıdır. Ancak A ve B noktasındaki alıcılarda radyo alıcı-vericileri vardır ve birbirleri ile belirli bir radyo frekansı üzerinden haberleşir. A noktasında hesaplanan hata düzeltmeleri geziciye gönderilir, bu düzeltmeleri alan gezici alet durduğu her noktadaki koordinatı alıcıdaki ekrandan görüp hafızasına kaydeder. Kaydedilen bu koordinatlar, büroda doğrudan harita çizimi için kullanılır.

Buraya kadar açıklanan yöntemlere bakılınca görülmektedir ki klasik olarak isimlendirilen statik ölçü yöntemi ile saatleri bulan uzun ölçüm süreleri gereklidir. Diğer taraftan günümüzde zaman çok önemli bir faktör hâline gelmiş olup güncel mühendislik uygulamalarında en az ölçü süresi ile maksimum doğruluk elde etme düşüncesi ön plana çıkmıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmalar uygun uydu geometrisi ve en az 4 uydu ile yalnızca birkaç dakikalık ölçünün faz başlangıç belirsizliklerini çözmeye ve sonuç olarak 20 km'ye kadar olan uzaklıklar için beklenen jeodezik duyarlılıkları elde etmeye yeterli

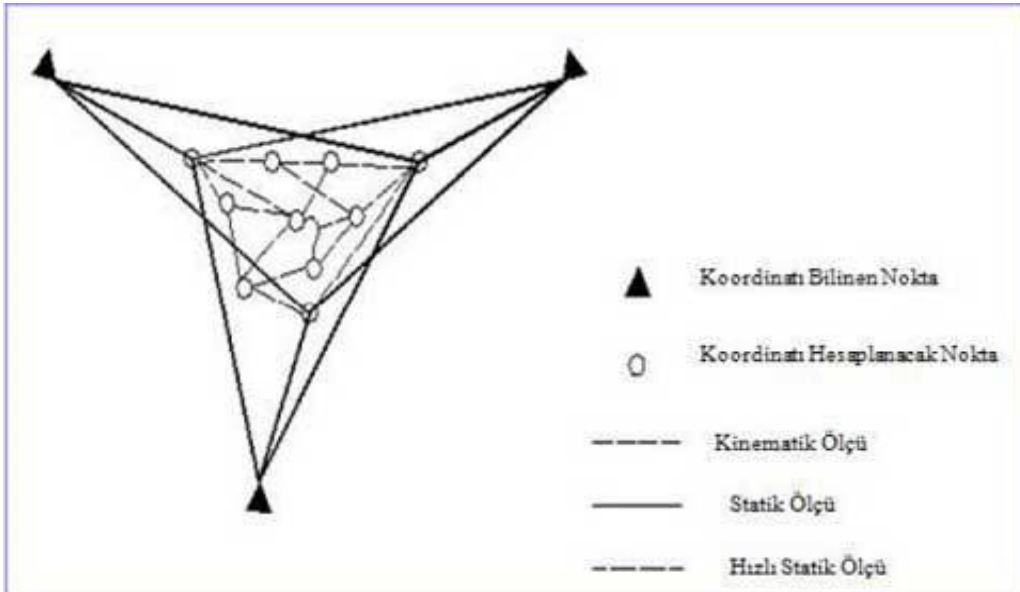
olduğunu göstermektedir. Söz konusu yöntemler kullanılırken uydu sayısı 4'ten az olduğu durumda faz belirsizliği çözümü olanaklı olamayacağından değerlendirme sonucu elde edilecek doğruluk da oldukça düşecektir.

Sonuç olarak bu yöntemlerle ideal şartlarda elde edilebilecek doğruluklar Tablo 1.2'de verilmektedir. Noktalar arası uzunlukların büyük olmadığı ( $\leq 100$  km) ve uygun atmosferik koşullarda, uzun süreli ( $\approx 24$  saat) statik ölçülerle 1-2 mm mertebesinde baz ölçüm doğruluğu elde etmek günümüzde olanaklı hâle gelmiştir.

ÖLÇÜ YÖNTEMİ	ELDE EDİLEBİLECEK BAZ ÖLÇÜM DOĞRULUĞU	ORANSAL DOĞRULUK SINIRLARI
STATİK	5 mm + 1 ppm	1/100000–1/5000000
HIZLI-STATİK	5–10 mm + 1 ppm	1/100000–1/1000000
DUR-GİT	1–2 cm + 1 ppm	1/100000–1/1000000
TEKRARLI ÖLÇÜ	5–10 mm + 1 ppm	1/ 50000 -1/ 500000
KİNEMATİK	1–2 cm + 1 ppm	1/100000–1/1000000

**Tablo 1.2: Ölçü yöntemlerinde doğruluk sınırları**

GPS ile konum belirlemede klasik anlamda hiyerarşik bir yapı söz konusu olmamakla birlikte, ekonomik nedenlerle ve amaca bağlı olarak sözü edilen yöntemlerin topluca kullanıldığı kombinasyonlar düşünülebilir. Örneğin, büyük ölçekli harita yapımı için nokta sıklaştırılması amacıyla statik olarak belirlenen nirengilerin arası aşama aşama hızlı statik ve kinematik uygulamalar ile sıklaştırılabilir.



**Şekil 1.26: Statik-kinematik ölçü kombinasyonu**

## UYGULAMA FAALİYETİ

GPS ile konum belirleme yöntemlerini kullanarak okulunuzdaki açık alanlarda gözlemler yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Konum belirleme yöntemini seçiniz.	➤ GPS ile konum belirleme yöntemleri konu başlığı altında verilen yöntemlerden faydalanınız.
➤ GPS alıcısını gözlem için hazırlayınız.	➤ Alıcıyı nokta üzerine kurarak anten yüksekliğini ölçünüz. Alıcıyı çalıştırınız. Almanak bilgilerini elde ediniz.
➤ GPS el kontrol ünitesini gözlem için hazırlayınız.	➤ El kontrol ünitesi başlığı altındaki yönergeleri izleyiniz.
➤ Nokta koordinatlarını elde ediniz.	➤ GPS gözlemlerini gerçekleştiriniz. Gerekli dönüşümlerle birlikte bilgisayara veri aktarımını yapınız.

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Konum belirleme yöntemini seçtiniz mi?		
2	GPS alıcısını gözlem için hazırladınız mı?		
3	GPS el kontrol ünitesini gözlem için hazırladınız mı?		
4	Nokta koordinatlarını elde ettiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) GPS ölçülerinin yapılması büyük oranda hava şartlarına bağlıdır.
2. ( ) Cihaz ile jalon üzerinde ölçü yapılırken yükseklik jalonun cihaza vidalandıktan sonraki boyudur ve düşey (vertical)dir.
3. ( ) Cors tr projesi, ağ prensibinde çalışan gerçek zamanlı kinematik (RTK) prensipli sabit GPS istasyonlarının kurulması ve hücresel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesine ilişkin araştırma ve uygulama projesi olarak açıklanabilir.
4. ( ) Hızlı statik ölçme yönteminin statik ölçü yönteminden tek farkı, ölçü süresinin 20–40 dakika arasında olmasıdır.
5. ( ) Statik ölçme yönteminde bir alıcı sabit bir referans istasyonunda bulunmakta ve diğer alıcı veya alıcılar ise ölçülecek noktaları gezmektedir.
6. ( ) Tekrarlı ölçme yöntemi değişen uydu geometrisinden yararlanarak ölçülecek noktaların 1-4 saatlik zaman aralığında, birkaç dakikalık süre ile en az iki kez ölçülmesi ile gerçekleştirilen bir GPS ölçme yöntemidir.
7. ( ) Gerçek zamanlı kinematik yöntemi (Real Time Kinematic-RTK) prensip olarak kinematik Yöntem ile aynıdır. Ancak A ve B noktasındaki alıcılarda radyo alıcı-vericileri vardır ve birbirleri ile belirli bir radyo frekansı üzerinden haberleşirler.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Arazi ölçmelerine başlamadan önce GPS gözlemleri için planlama yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- GPS gözlemleri için ağ tasarımını, gözlem planlarını, organizasyonu, arazideki nokta keşfinde dikkat edilmesi gereken noktaları ve GPS gözlemlerinin değerlendirilmesini araştırınız.

## 2. GPS ÖLÇÜ PLANLAMASI

GPS ölçü teknikleri kadastro ölçmeleri, nirengi sıklaştırması, jeodezik temel ağ kurulması, deformasyon analizi, yerkaşu hareketlerinin belirlenmesi ve fotogrametrik nirengi sıklaştırması gibi uygulamalar için kullanılmaktadır. Bu amaçlar için oluşturulan bir GPS projesi genel olarak üç aşamada gerçekleştirilmekte olup bunlar arazi öncesi planlama, arazide gözlemlerin gerçekleştirilmesi ve gözlemlerin GPS yazılımlarıyla değerlendirilmesidir.

Belirli bir GPS projesi için hazırlanan ölçü (gözlem) planı bir başka proje için geçerli olmayabilir. Bu nedenle ölçü planları hazırlanırken öncelikle proje amacının ve projeden beklenen doğrulukların çok iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Bunun için proje amaçlarına yönelik olarak GPS gözlem ve doğruluk standartlarının yönetmelikler doğrultusunda yetkili kurum ve kuruluşlar tarafından önceden belirlenmiş olması gerekmektedir (Tablo 2.1).

Proje amacı	Derecesi	Asgari doğruluk Standardı (%95)	
		(ppm)	1:S
Global ve bölgesel yerkaşu hareketlerin ölçülmesi	AA	0.01	1.10000000
Ulusal temel kontrol ağları, bölgesel ve yerel deformasyon ölçmeleri	A	0.1	1.10000000
İkinci derece kontrol ağları, yerel deformasyon ölçmeleri, yüksek doğruluklu mühendislik ölçmeleri	B	1	1.1000000
Klasik yöntemlere dayanan kontrol ağı ölçmeleri, kadastro ve mühendislik amaçlı ölçmeler	C	10–20	1.100000 1.10000

Tablo 2.1: GPS ile gözlemlerde doğruluk standartları

Arazi öncesi planlamada iş akışı genel olarak beş aşamada gerçekleştirilmekte olup **Tablo 2.2'**de verilmiştir.

Ağ tasarımı	Yeni noktaların haritaya işaretlenmesi Yatay ve düşey ağ kontrol noktalarının işaretlenmesi Ağ tasarımının hazırlanması İstenen doğruluk seviyesinin belirlenmesi
Gözlem planlarının hazırlanması	Alıcı tipinin belirlenmesi Alıcı sayısı, ölçü süresi, oturum sayısının belirlenmesi Ölçü yönteminin belirlenmesi
Organizasyon	Personel sayısı Ekipman (alıcı, anten, araç vb.)
Arazide nokta keşfi ve inşaatı	Noktaya ulaşım kolaylığı Noktaların arazide tesisi Sinyal yansımaya sorunları
GPS gözlemlerinin gerçekleştirilmesi	Belirlenen gözlem planının uygulanması Arazide ölçü kontrolü Sorunlu ölçülerin tekrarlanması

**Tablo 2.2: Arazi öncesi planlama aşaması**

## 2.1. Ağ Tasarımı

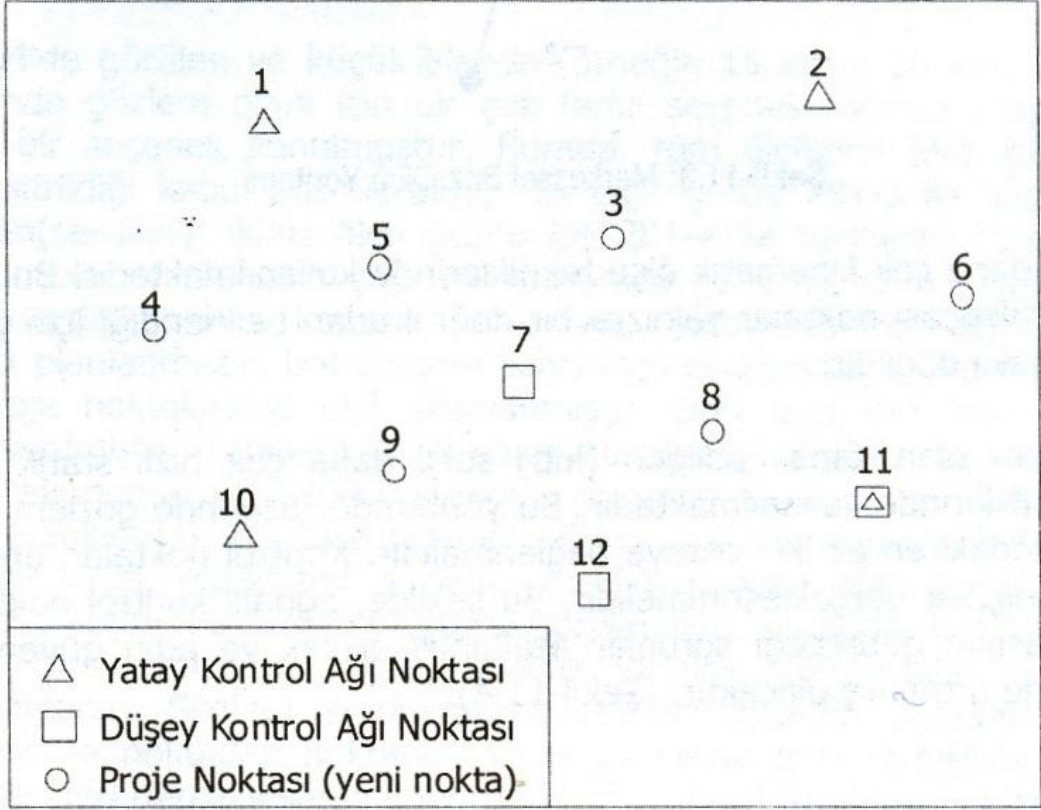
Ağ tasarımında öncelikle göz önünde tutulması gereken konular aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ağ kapalı poligon veya herhangi bir geometrik şekil oluşturmalıdır.
- Yeni noktalardan oluşan proje alanının büyüklüğüne bağlı olarak en az üç yatay kontrol ağı noktasına bağlantı yapılmalı ve bu noktalarda da eş zamanlı GPS gözlemleri gerçekleştirilmelidir.
- Proje alanında en az dört düşey kontrol ağı (nivelman) noktasına bağlantı yapılmalıdır.

Yatay kontrol ağı noktaları proje alanının köşelerinde ve alanı kapsayacak şekilde seçilmelidir. Bu nokta sayısı ne kadar fazla ise ağın kontrol edilebilirliği o kadar iyi olacaktır.

Güzergâh ölçmelerinde ise söz konusu en az üç yatay ağ noktası yolun başında, ortasında ve sonunda olacak şekilde seçilmelidir. Aynı projede en az dört, olanaklı ise daha fazla sayıda nivelman noktası kullanılmalıdır. Kullanılacak nivelman noktasının derecesi ne kadar yüksekse bağlantı doğruluğu o kadar iyi olacaktır.

Söz konusu dört nokta proje alanının dört köşesinde olacak şekilde seçilmelidir. Örnek bir proje alanı **Şekil 2.1**'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.1:** Proje alanında yatay ve düşey kontrol ağı ile yeni noktaların haritaya işaretlenmesi

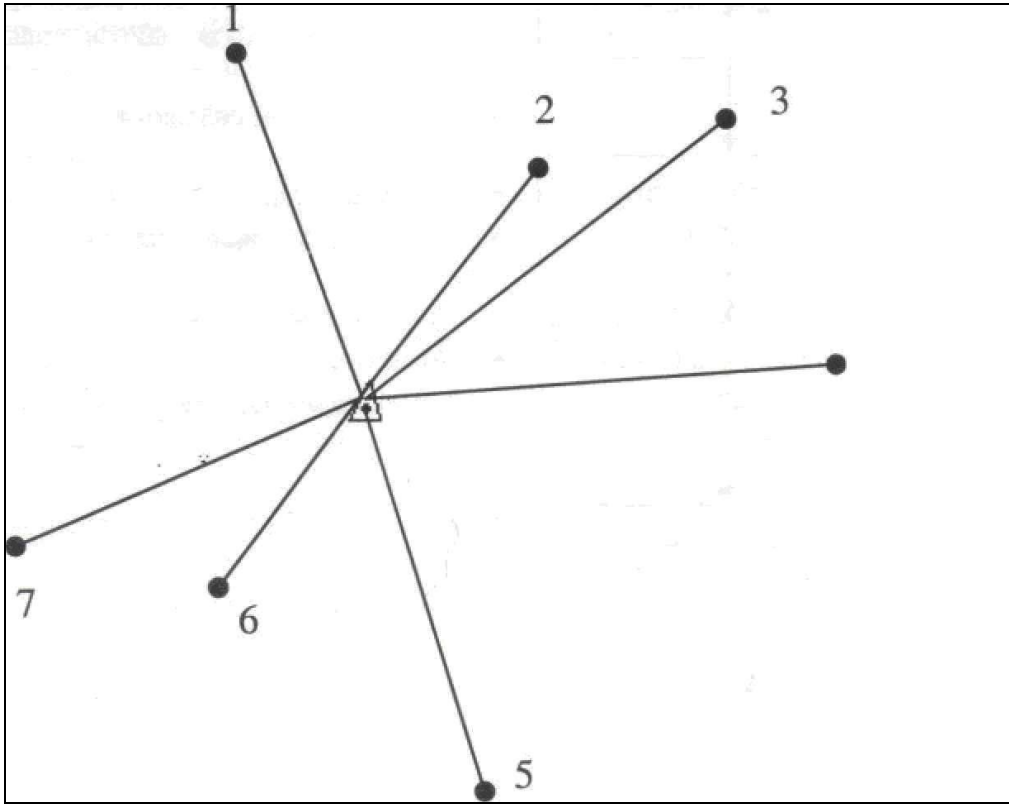


## 2.2. Gözlem Planlarının Hazırlanması

GPS gözlem planlarında projedeki alıcı sayısına bağlı olarak en az bir ya da iki alıcı sabit olarak sürekli gözlem yapmakta, diğer alıcılar ise planlanan sürelerle noktaları gezmektedir. Sabit nokta sayısının birden fazla olması ölçü kontrolü sağlamaktadır.

### ➤ Ölçü yönteminin belirlenmesi

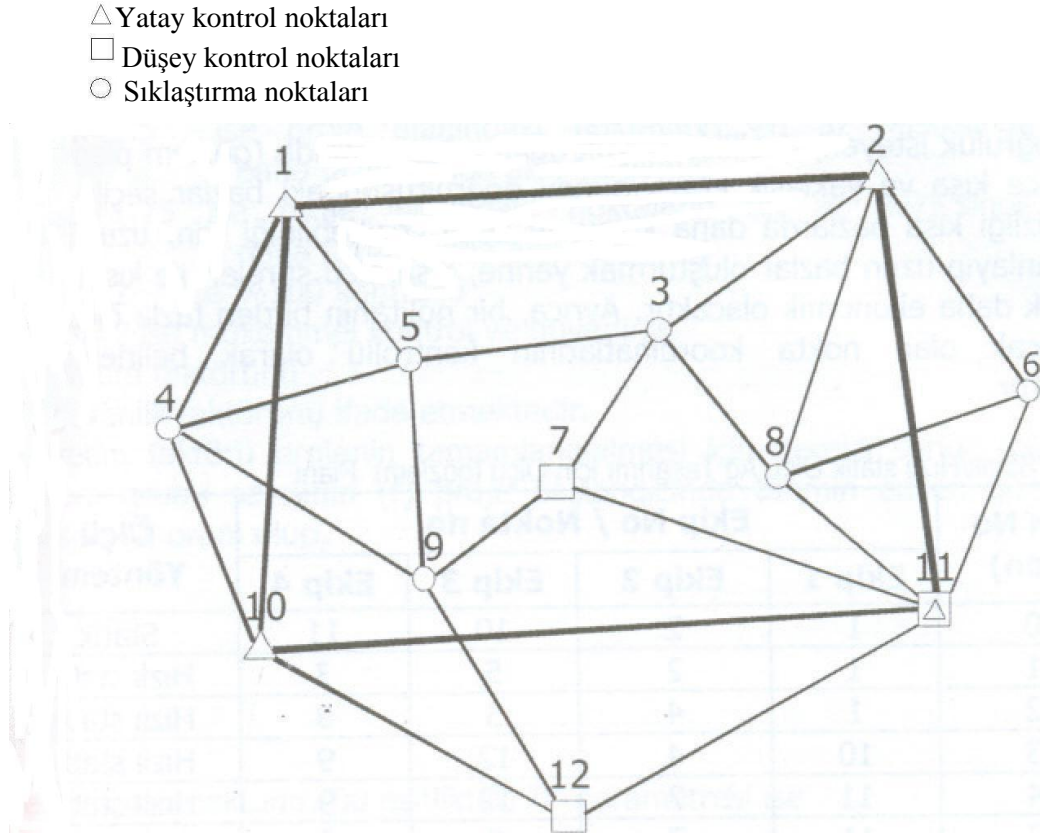
GPS ağlarında ölçü planları yapılırken genelde ya merkezsiz (radial) baz yöntemi ya da kapalı poligon (lup) şekli tercih edilmektedir. Merkezi baz yönteminde alıcılardan bir tanesi proje alanının olabildiğince ortasında bir yere kurularak (sabit alıcı olarak) sürekli gözlem yapılır (Şekil 2.2). Bu yöntemde geometrik (noktaların birbirine göre konumu, çıkış doğrultuları vb.) hususlar dikkate alınmaz. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli konu sabit noktaya yakın olan noktaların bağlantısı eş zamanlı gözlemlerle doğrudan yapılır.



**Şekil 2.2: Merkezi baz ölçü yöntemi**

Bu yöntem daha çok kinematik ölçü tekniklerinde kullanılmaktadır. Bu yöntemin en önemli sakıncası noktalar yalnızca bir doğrultudan belirlendiği için geometrik kontrol olanaklı değildir.

İkinci yöntem olan kapalı poligon (lup) şekli daha çok hızlı statik ve statik gözlem tekniklerinde kullanılmaktadır. Bu yöntemde, üzerinde gözlem yapılacak her nokta ağıdaki en az iki noktaya bağlanmalıdır. Kontrol noktaları arasında da eş zamanlı ölçüler gerçekleştirilmelidir. Bu şekilde, ağıdaki kontrol noktasının az sayıda olmasının getireceği sorunlar azaltılmış olacak ve ağın güvenilirliği bu fazla ölçülerle artırılmış olacaktır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Statik/hızlı statik ölçü ağı tasarımı (gözlem planı)

Şekil 2.3'te görülen ve küçük alanda (örneğin 15 km x 20 km) kurulmuş bir GPS ağına gözlem planı için birçok farklı seçenek mevcut olup bunlardan yalnızca bir seçenek sunulmuştur. Burada, tüm ölçülerin aynı gün içerisinde gerçekleştirildiği kabul edilmiş olup ilk ölçü grubu 281-0 ile başlayan sabah oturumları, ikinci ölçü grubu ise 281-4 ile başlayan öğleden sonraki oturumlar olarak planlanmıştır.

İlk oturumda, GPS ölçülerinin, sabit nokta koordinatlarının kontrolü amacıyla yatay kontrol ağı noktalarında yapılması planlanmıştır. Daha sonra ikinci ölçü grubundan iki kontrol noktası ile diğer proje noktalarında ölçü planlanmıştır. Dört alıcı için ölçü planı **Tablo 2.2**'de verilmiştir. **Tablo-2.2**'de kontrollü ağ ölçüsü planı yapılmış olup ölçü planının ekonomik olmasının istendiği durumlarda aynı ağ daha **az sayıda oturum** planlanarak da tasarlanabilir. Bu ağda, her nokta en az iki kez ve farklı bazlardan çıkış alacak şekilde ölçülmekte olup kontrol sağlanmaktadır.

Gözlem planındaki noktaların **gözlem zamanları**, noktanın konumuna ve noktadan noktaya ulaşım şartlarına göre değişiklik gösterebilir.

GPS gözlemleri gerçekleştirilmeden önce arazi keşfi yapılmasının nedenlerinden biri de noktalar arası ulaşım şartlarının dikkate alınarak en uygun gözlem planının yapılmasıdır.

Yüksek doğruluk isteyen, özellikle büyük ağların tasarımında (gözlem planında), olabildiğince kısa ve yaklaşık kuzey-güney doğrultusundaki bazlar seçilmelidir. Faz belirsizliği kısa bazlarda daha kolay ve etkili çözülebildiği için uzun süreli ölçüler planlayıp uzun bazlar oluşturmak yerine, kısa ölçü süreleri ile kısa bazlar oluşturmak daha ekonomik olacaktır. Ayrıca bir noktanın birden fazla ölçülmesi hesaplanacak olan nokta koordinatlarının kontrollü olarak belirlenmesini sağlayacaktır.

Oturum Nu. (session)	Ekip Nu. / Nokta nu.				Ölçü Yöntemi
	Ekip 1	Ekip 2	Ekip 3	Ekip 4	
281-0	1	2	10	11	Statik
281-1	1	2	5	3	Hızlı statik
281-2	1	4	5	9	Hızlı statik
281-3	10	4	12	9	Hızlı statik
281-4	11	7	12	9	Hızlı statik
281-5	11	7	8	3	Hızlı statik
281-6	6	2	8	3	Hızlı statik
281-7	6	2	8	11	Hızlı statik

**Tablo 2.3: Statik/hızlı statik ölçü ağ tasarımı için örnek bir ölçü (gözlem) planı**

Tablo 2.2'den de görülebileceği gibi farklı gözlem grupları arasında en az bir baz ortak olmalıdır. Bu ise hem farklı ölçü grupları arasında bağlantıyı hem de atmosferik etkiler ve yörünge hataları nedeniyle bazın ölçeğindeki ve yönlendirilmesindeki farklılıkların modellendirilmesini sağlayacaktır.

## Oturum sayısının tespiti

Örneğin, Tablo 2.3'teki standartlara göre AA sınıfı bir proje için proje alanındaki noktaların yaklaşık % 80'ninde en az üç kez alet kurulması gerekmektedir. Aynı şekilde A, B ve C standartları için bu oran sırasıyla % 40, % 20 ve % 10 olmalıdır.

GPS projesinde uygulanacak olan ölçü grubu (oturum, session) sayısı Tablo 2.3'teki standartlara göre aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

$$S = \frac{(m.n)}{r} + \frac{(m.n)(p - 1)}{r} + k.m$$

Burada,

S: Projedeki gözlem oturum sayısını,

r: Alıcı sayısını,

m: Ölçü yapılacak toplam nokta sayısını (eski ve yeni noktalar),

n: Her bir ölçü noktasındaki en az sayıda bağımsız alet kurma sayısını ('n' sayısı aşağıdaki açıklamalara göre tespit edilir.) ifade eder.

n=1 ise kontrolsüz,

n=1.5 ise proje alanındaki noktaların en az % 50'sinde iki ya da daha fazla sayıda alet kurulmuş,

n= 1.75 ise proje alanındaki noktaların en az % 7'sinde iki ya da daha fazla sayıda alet kurulmuş,

n= 2 ise %100 kontrollü,

n=3 ise mükemmel kontrol ve güvenilirlik anlamlarını ifade eder.

p: üretim faktörünü,

k: güvenlik faktörünü ifade eder.

P üretim faktörü, projenin gerçekleşmesi için gerekli olan gözlem grubu sayısının (f), (i) parametresine oranı olup (i) parametresi aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$P = \frac{f}{i} \text{ ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlikteki 'i' parametresi ise}$$

$$i = \frac{m.n}{r} \text{ ile hesaplanmaktadır.}$$

"k" güvenlik faktörü, küçük (100 km yarıçaplı) proje alanları için 0.1, tüm diğer proje alanları için 0.2 alınmaktadır. Bu açıklamaların ışığı altında **Tablo 2.2'**e göre bağımsız gözlem grubu sayısı yukarıda verilen eşitlikten yararlanarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

Başlangıçta, 4 alıcı ile 14 noktada 10 gözlem grubunda 40 kez alet kurulacağı planlanmış olsun. Bu durumda,

$$n = \frac{40}{14} = 2.857$$

olarak hesaplanır bu da yukarıda verilen formülde yerine konursa

$$S = \frac{(14) \cdot (2.857)}{4} + \frac{(14) \cdot (2.857) \cdot (1.1-1)}{4} + (0.2) (14)$$
$$S = 10 + 1 + 2.8 = 14 \text{ olarak bulunur.}$$

Bunun anlamı **Şekil 2.3**'te verilen ağın en az iki gün ve 10 bağımsız gözlem grubunda ölçülmesi gerekmektedir. Ancak tüm olasılıklar göz önüne alındığında (alıcı sorunları, ağ tasarımındaki bozukluk vb.) bağımsız **gözlem grubu sayısı** yukarıdaki eşitlik gereği 14 olmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken konu ölçü öncesi noktanın bulunması için harcanacak süre, bu sayıya dâhil değildir.

## 2.3. Organizasyon

### ➤ **Personel sayısı**

Personel sayısı, çalışılan alanın büyüklüğüne, çalışma süresine ve seçilen ölçüm yöntemine göre gözlem planlarının hazırlanması aşamasında ortaya çıkar. Arazide çalışmak üzere oluşturulacak ekip sayısına göre değerlendirilir.

### ➤ **Ekipman**

Arazinin büyüklüğüne ve seçilen ölçü yöntemine göre yapılacak gözlemlerde çalışacak ekip sayısına bağlı olarak kullanılacak alıcı, gezici ve el kontrol ünitesi, jalon, sehpa, metre, telsiz, el GPS'i, arazi aracı, rasat karnesi vb. ekipmanlar gözlem planlarının hazırlanması aşamasında belirlenir.



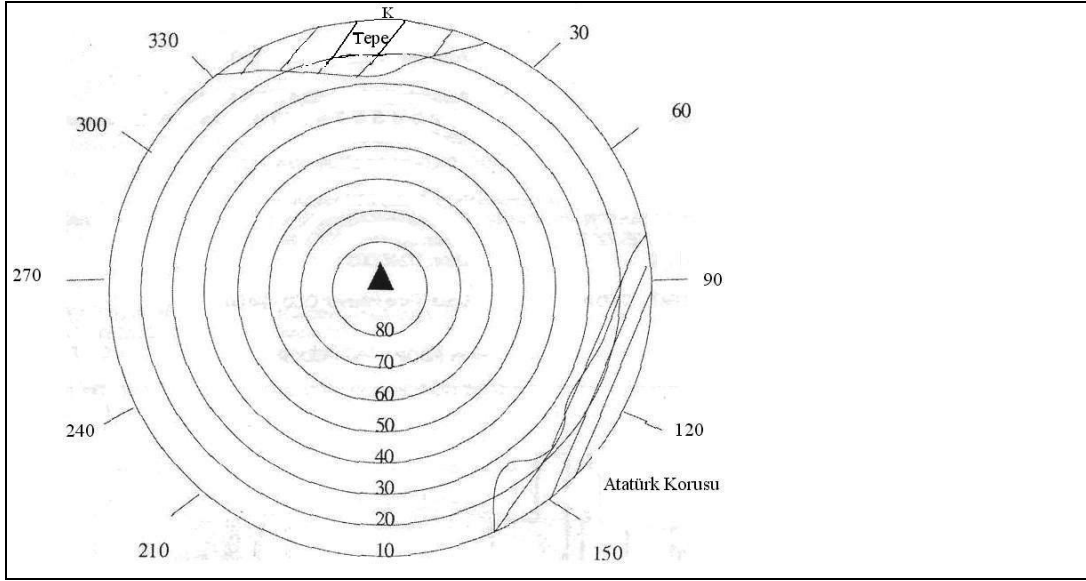
- |                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| 1- Taşıma çantası              | 6- Telsiz             |
| 2- Anten, kayıt ve pil ünitesi | 7- El Gps'i           |
| 3- Üçayak                      | 8- Avuçiçi bilgisayar |
| 4- Büyük pil                   | 9- Küçük piller       |
| 5- Şerit metre                 | 10- Rasat karnesi     |

**Resim 2.1: Arazi ölçüm ekipmanı**

## 2.4. Arazide Nokta Keşfi

- **GPS proje planlamasında yeni nokta yeri seçiminde göz önünde tutulması gerekenler:**

Ölçü noktası çevresindeki uydu sinyalinin alıcı antenine ulaşmasını engelleyen hiçbir doğal ya da yapay nesne olmamalıdır. Bunu sağlamak için ölçü noktasının 10 derece ve daha yukarısı için engel özelliği olmayan yerler seçilmelidir.



**Şekil 2.4: Uydu engel krokisi**

Ölçü noktası çevresinde yansıtıcı yüzeyler (metal, tel, çit, su yüzeyleri vb.) olmamalıdır. Bu gibi yüzeyler sinyal yansıma (multipath) etkilerine neden olmaktadır.

Ölçü noktası çevresinde yüksek gerilim hattı gibi tesisler olmamalıdır. Bu gibi tesisler sinyal bozukluklarına neden olmaktadır.

Ölçü noktasına ulaşım kolay olmalıdır.

**Gözlem süresinin planlanmasında genel olarak en az aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır:**

Noktalar arasındaki uzaklıklar (baz uzunlukları)

Uydu geometrisi (gözlenebilen uydu sayısı)



### ➤ **GPS nokta tesisi**

Projenin çözümüne göre özel üretilmiş GPS bronzu, çivi, beton blok ya da pilye olarak yapılır. Nokta tesis tipinin seçiminde proje noktalarının kalıcılığı (daha sonraki yıllarda da aynı noktalarda ölçü tekrarı yapabilme özelliği) göz önünde tutulmalıdır.

## **2.5. GPS Gözlemlerinin Başlaması**

GPS projesinin başarısı projeyi gerçekleştiren personelin eğitim ve bilgi seviyesi ile doğrudan ilişkilidir. Personelin eğitim ve bilgi seviyesi, alıcının gözlem için hazırlanıp kullanılması, nokta yeri seçimi, gözlem karnelerinin doldurulması ve plansız olarak ortaya çıkan ani durumlara doğru şekilde müdahale edebilmesini içermektedir.

GPS gözlemlerinden elde edilebilecek doğruluk alıcı antenin nokta üzerinde kurulmasıyla başlar. Anten nokta üzerinde milimetre hassasiyetinde merkezleştirilmeli, küresel düzeç ve optik çekül en az ölçü başında ve sonunda kontrol edilmelidir. Daha sonra anten faz merkezi hatasının giderilmesi için tüm antenler tek bir doğrultuya yönlendirilmelidir.

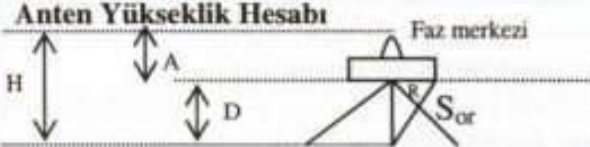
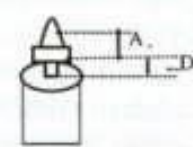
Anten yükseklikleri milimetre doğruluğunda ölçülmelidir. Jeodezik amaçlı ölçmelerde antenin en az üç farklı tarafından ölçme yapılmalı ve bu okumalar arasındaki fark iki milimetreyi geçmiyorsa ortalamaları alınarak anten yüksekliği hesaplanmalıdır.

Yapılacak ölçümler için gözlem karnesi kullanılmalıdır.

### ➤ **Gözlem karnesi**

GPS gözlemleri için ölçü karnesi kullanılmakta olup bu karneye ölçü ile ilgili tüm bilgiler yazılmaktadır. GPS gözlem karnesi gözlemleri değerlendirme aşamasında kullanılacak olan temel bilgileri içerdiğinden titizlikle doldurulmalıdır. Gözlem karnesindeki nokta koordinatları yaklaşık değerler olup bunlar alıcı ölçüye başladıktan sonra ekranda anlık olarak okunan değerlerdir. Örnek bir GPS gözlem karnesi Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Projenin amacına göre daha ayrıntılı ya da daha kısa bilgiler içeren gözlem karnesi hazırlanabilir.



<b>GPS GÖZLEM KARNESİ</b>	
Proje Adı : .....	Nokta Adı : .....
Alıcı No : .....	Nokta No : .....
Anten No : .....	Tarih : .....
	Gözlemci : .....
Enlem : .....	Veri Toplama Açısı : .....
Boylam : .....	Veri Toplama Aralığı : .....
Yükseklik : .....	Merkez Dışı Gözlem : .....
	Ölçüye Başlama : .....
	Ölçü Bitiş : .....
<b>Anten Yüksekliği Ölçümü :</b>	
Eğik Mesafe	Pilye
Düşey Mesafe	Sehpa
Diğer	Diğer
<b>Anten Yükseklik Hesabı</b>	
	
a) Sehpa	b) Pilye
	$H=A+D$
A : Anten alt yüzeyinden faz merkezi mesafesi	<b>Başlangıç (m)</b> <b>Bitiş (m)</b>
D : Anten alt yüzeyinden ölçü noktasına olan mesafe	S <sub>1</sub> 1.518    1.519
S <sub>ort</sub> : Eğik mesafe ölçüsü (ortalama)	S <sub>2</sub> 1.518    1.518
H : Anten yüksekliği	S <sub>3</sub> <u>1.518</u> <u>1.518</u>
R : Anten yarıçapı (fabrika değeri)	S <sub>ort</sub> = 1.518    1.518
H=A+D	D = 1.513    1.513
$D = \sqrt{S_{ort}^2 - R^2}$	+A = 0.240    0.240
	H = 1.753    1.753
	H = 1.753 m
<b>Açıklama :</b>	<b>İmza</b>

**Şekil 2.5: Örnek GPS gözlem karnesi**

Arazi öncesi planlamalar oluşturulduktan sonra GPS gözlemleri planlamaya uygun olarak yapılır. Yapılan GPS gözlemlerinin ardından ham data elde edilir. Bu ham datadan sonuç ürün olarak elde edilmesi amaçlanan, birçok farklı sistemde nokta koordinatıdır. Bunun için önce ham datanın prosesi (yani işlenmesi) gereklidir. Proses işleminden önce

doğada yapılan tüm ölçme işlemleri hata içerdiğinden (kaba/kabul edilebilir) yapılacak tüm aşamalardan önce ve sonra hata kontrolleri yapılır. Gerektiğinde ölçü tekrarı yapılmalıdır.

GPS gözlemlerinin ticari yazılımlar kullanılarak değerlendirilmesinde yazılım kullanma kılavuzunda belirtilen işlem adımlarının takip edilmesi ve önerilen ölçütlere uyulması ile elde edilecek hesaplama sonuçlarında önemli bir sorunla karşılaşılmamaktadır.

#### ➤ **Hata kontrolü**

GPS gözlem planları yapılırken koordinatları bilinen noktalar arasında kontrol gözlemleri yapılması standart bir uygulamadır. Bu şekilde oluşturulan kontrol bazlarının irdelenmesine '**bilinen baz analizi**' denir. Bilinen baz analizinde GPS ölçülerini değerlendirme yazılımından yararlanılarak elde edilen noktalar arasındaki baz uzunluklarından bilinen (arşiv) değerlerinden hesaplanan baz uzunlukları farkı hesaplanır. Hesaplanan bu farklar baz uzunluğuna bölünerek ppm cinsinden karşılıkları bulunur. Ppm cinsinden bulunan değerler Tablo 2.3'te verilen ölçütlerle karşılaştırılır.

Özellikle statik ölçü ağ tasarımları çok sayıda kapalı poligon (lup) içermektedir. Her bir lupta baz bileşenlerinin toplamı sıfıra yakın olmalıdır. Sıfırdan büyük oranda farklılık gösteren kapanmalar (lup kapanmaları) bazlardan birinde gözlem ya da hesap hatası olduğunu ifade etmektedir. Lup için toplam kapanma hatası aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir (LC).

$$LC = \frac{(\sum \Delta X) + (\sum \Delta Y) + (\sum \Delta Z)}{\sum S} \quad \Sigma S: \text{Toplam baz (lup) uzunluğu}$$

Bu eşitlikteki ifadelerin ve sonuç değerinin ppm cinsinden olacağı unutulmamalıdır.

Örneğin baz bileşenlerin toplamı 0.0210 m, luptaki toplam baz uzunluğu 100 km olarak bulduysa LC değeri 0.2 ppm olarak hesaplanır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Okulunuzda bir GPS projesi oluşturunuz. GPS projesini aşağıdaki işlem basamaklarına göre gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Arazi öncesi planlama yapınız.	➤ Ağ tasarımı yapınız. Gözlem planlarını hazırlayınız. Gözlem için organizasyon yapınız. Arazide nokta keşfi ve inşaatı gerçekleştiriniz.
➤ GPS gözlemlerini gerçekleştiriniz.	➤ Seçilen ölçü yöntemine göre gözlemleri gerçekleştiriniz. Gözlem karnesi doldurunuz.
➤ GPS gözlemlerini değerlendiriniz.	➤ Koordinatları bilinen noktalar arasında hata kontrolünü yapınız.

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Arazi öncesi planlama yaptınız mı?		
2	GPS gözlemlerini gerçekleştirdiniz mi?		
3	GPS gözlemlerini değerlendirdiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Ağ tasarımında ağ, kapalı poligon veya herhangi bir geometrik şekil oluşturmalıdır.
2. ( ) Ağ tasarımında proje alanında en az iki düşey kontrol ağı (nivelman) noktasına bağlantı yapılmalıdır.
3. ( ) Yüksek doğruluk isteyen, özellikle büyük ağların tasarımında (gözlem planında), olabildiğince kısa ve yaklaşık kuzey-güney doğrultusundaki bazlar seçilmelidir.
4. ( ) Ölçü noktası çevresindeki uydu sinyalinin alıcı antenine ulaşmasını engelleyen hiçbir doğal ya da yapay nesne olmamalıdır. Bunu sağlamak için ölçü noktasının 5 derece ve daha yukarısı için engel özelliği olmayan yerler seçilmelidir.
5. ( ) Gözlem süresinin planlanmasında genel olarak noktalar arasındaki uzaklıklar dikkate alınmalıdır.

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) İngilizce “Global Positioning System”in baş harflerinden oluşan GPS’in Türkçe karşılığı “küresel konum belirleme sistemi”dir.
2. ( ) Cihaz pilyeye kurulduğunda yükseklik eğik (slant) yükseklik olarak ölçülmelidir.
3. ( ) Dur-git ölçme yöntemi çok yüksek doğruluk gerektiren ve uzun nirengi kenarlarının ölçümü söz konusu olduğunda (>15 km) kullanılır.
4. ( ) GPS sistemi; uydular, yer istasyonları ve GPS alıcısından oluşur.
5. ( ) Anten yükseklikleri santimetre doğruluğunda ölçülmelidir.
6. ( ) Gözlem planındaki noktaların gözlem zamanları, noktanın konumuna ve noktadan noktaya ulaşım şartlarına göre değişiklik gösterebilir.
7. ( ) Ağ tasarımında ağ kapalı poligon veya herhangi bir geometrik şekil oluşturmamalıdır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ -1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	D
3	D
4	Y
5	Y
6	D
7	D

## ÖĞRENME FAALİYETİ -2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	Y
3	D
4	D
5	D

## MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	D
2	D
3	Y
4	D
5	Y
6	D
7	Y

# KAYNAKÇA

- KAHVECİ Muzaffer, Ferruh YILDIZ, **GPS (Global Konum Belirleme Sistemi)**, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2007.