

GPS NEDİR ?

Şartlar ne olursa olsun, bir GPS alıcısı size yeryüzünde nerede olduğunuzu söyleyebilir. Neredeyse her yerde 365 gün 24 saat çalışabilirler. Tipide, yoğun siste, hatta okyanusun ortasında referans noktanız olmadığı zaman bile çalışırlar. Sadece, uydu sinyallerini engelleyebilecek nesnelere, yoğun ağaçların gökyüzünü kapladığı ya da binaların sık olduğu yerlerde performansı düşebilir. GPS alıcıları bir sonraki durağınızın neresi olacağını, oraya ne kadar uzakta olduğunuzu ve hangi yönden oraya ulaşabileceğinizi bulmanıza yardımcı olurlar. Hatta nasıl gidileceğini unuttuğunuz noktaya yönlendirebilecek bilgileri kendiniz için kaydedebilirsiniz ve bunları

istediğiniz zaman yeniden bulabilirsiniz. GPS ler bu özelliklerinden dolayı ormancılık,dağıcılık,yamaç paraşütü, trekking gibi doğa sporları tutkunları arasında popülaritesini arttırmıştır ve geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşmıştır.

Global Positioning System. (Global Yer Belirleme Sistemi) Düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu açıdır ve uydularla aramızdaki mesafeyi ölçerek dünya üzerindeki kesin yerimizi tespit etmeyi mümkün kılar.

Bu sistem, ABD savunma bölümüne ait, yörüngede sürekli olarak dönen 24 uydudan oluşur. Bu uydular çok düşük güçlü radyo sinyalleri yayırlar. Yeryüzündeki GPS alıcısı, bu sinyalleri alır. Böylece konum belirlenmesi mümkün olur.

Bu olağanüstü sistemi kurmak Amerika'ya ucuza mal olmamıştır. Sistemin

kurulum değeri yaklaşık olarak 12 milyar ABD Dolarıdır. Devam eden bakım masrafları sistemin değerini arttırmaktadır.

Bu sistemin ilk kuruluş hedefi tamamen askeri amaçlar içindi. GPS alıcıları yön bulmakta, askeri çıkartmalarda ve roket atışlarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Ancak, 1980'lerde GPS sistemi sivil kullanıma da açılmıştır.

Kullanım Alanları

GPS' in karada, havada ve denizde bir çok kullanım alanı vardır. Basit bir anlatımla, GPS size bulunduğunuz yerleri işaretleme ve belirlediğiniz noktaya geri dönme imkanı sağlar. GPS, kapalı alanlar ve su altı gibi sinyallerin alınmasının güçleştii yerler dışında dünya üzerinde her yerde çalışır.

GPS Sistemi

NAVSTAR sistemi, uzay bölümü (uydular), kontrol bölümü (yer istasyonları) ve kullanıcı bölümünden (GPS alıcısı) oluşur.

Uzay Bölümü

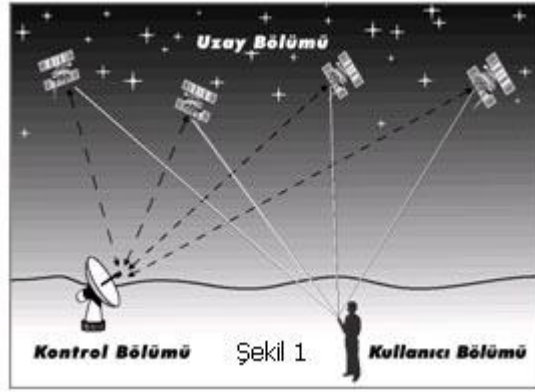
Uzay bölümü, en az 24 uydudan (21 aktif uydu ve 3 yedek) oluşur ve sistemin merkezidir. Uydular, "Yüksek Yörünge" adı verilen ve dünya yüzeyinin 20.000 km üzerindeki yörüngede bulunurlar. Bu kadar fazla yükseklikte bulunan uydular oldukça geniş bir görüş alanına sahiptirler ve dünya üzerindeki bir GPS alıcısının her zaman en az 4 adet uyduyu görebileceği şekilde yerleştirilmiştir.

Uydular saatte 7.000 mil hızla hareket ederler ve 12 saatte, dünya çevresinde bir tur atarlar. Güneş enerjisi ile çalışırlar ve en az 10 yıl kullanılmak üzere tasarlanmışlardır. Ayrıca güneş enerjisi kesintilerine karşı (güneş tutulması vs.) yedek bataryaları ve yörünge düzeltmeleri için de küçük ateşleyici roketleri vardır.

GPS projesi ilk uydunun 1978'de ateşlenmesiyle başlamıştır. 24 uyduluk ađ 1994'de tamamlanmıştır. Projenin devamlılığı ve geliştirilmesi ile ilgili bütçe ABD Savunma Bölümüne aittir.

Uyduların her biri, iki değişik frekansta ve düşük güçlü radyo sinyalleri yayınlamaktadır. (L1, L2) Sivil GPS alıcıları L1 frekansını (UHF bandında 1575,42 Mhz), ABD Savunma bölümü alıcıları L2 (1227,60 Mhz) frekansını dinlemektedirler. Bu sinyal "Görüş Hattında – Line of Sight" ilerler. Yani bulutlardan, camdan ve plastikten geçebilir ancak duvar ve dağ gibi katı cisimlerden geçemez.

Daha rahat anlaşılması için, bildiğimiz radyo istasyonu sinyalleri ile L1 frekansını kıyaslamak istersek; FM



radio istasyonları 88 ile 108 Mhz arasında yayın yaparlar, L1 ise 1575,42 Mhz' i kullanır. Ayrıca GPS' in uydu sinyalleri çok düşük güçtedirler. FM radyo sinyalleri 100.000 watt gücünde iken L1 sinyali 20-50 watt arasındadır. İşte bu yüzden GPS uydularından temiz sinyal alabilmek için açık bir görüş alanı gereklidir.

Her uydu yerdeki alıcının sinyalleri tanımlamasını sağlayan iki adet özel "pseudo-random" (şifrelenmiş kod) kodu yayımlar. Bunlar Korunmalı (Protected – P code) kod ve Coarse/Acquisition (C/A code) kodudur. P kodu karıştırılarak sivil izinsiz kullanımı engellenir, bu olaya "Anti-Spoofing" adı verilir. P koduna verilen başka bir isimde "P (Y)" yada sadece "Y" kodudur.

Bu sinyallerin ana amacı yerdeki alıcının, sinyalin geliş süresini ölçerek, uyduya olan mesafesini hesaplamayı mümkün kılmasıdır. Uyduya olan mesafe, sinyalin geliş süresi ile hızının çarpımına eşittir. Sinyallerin kabul edilen hızı ışık hızıdır. Gelen bu sinyal, uydunun yörünge bilgileri ve saat bilgisi, genel sistem durumu bilgisi ve ionosferik gecikme bilgisini içerir. Uydu sinyalleri çok güvenilir atom saatleri kullanılarak zamanlanır.

Kontrol Bölümü

Adından anlaşılacağı gibi, Kontrol Bölümü, GPS uydularını sürekli izleyerek, doğru yörünge ve zaman bilgilerini sağlar. Dünya üzerinde 5 adet kontrol istasyonu bulunmaktadır. Bunlardan dördü insansız, biri insanlı ana kontrol merkezidir. İnsansız kontrol merkezleri, topladıkları bilgileri ana merkeze yollarlar. Ana merkezde bu bilgiler değerlendirilerek gerekli düzeltmeler uydulara bildirilir.

Kullanıcı Bölümü

Kullanıcı bölümü yerdeki alıcılardır. Daha önce bahsedildiği gibi çeşitli amaçlarla GPS kullanarak yerini belirlemek isteyen herhangi bir kişi, sistemin kullanıcı bölümüne dahil olur.

GPS' in Çalışma Prensipleri

Uyduların Konumunun Önemi

GPS alıcısı yerini belirlemek için, öncelikle uyduların kesin yerini bilmelidir ve onlara ne kadar uzaklıkta olduğunu bulmalıdır.

Şimdi GPS' in uyduların yerini nasıl öğrendiğini inceleyecek olursak; Alıcı uydudan iki çeşit bilgi alır. Bunlardan birisi, uyduların konumlarını bildiren "almanac data – almanac bilgisi" dir. Almanac bilgisi sürekli olarak yollar 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 bilgilerine Ephemeris Data – Geçici Bilgi adı verilir. Bu bilgiler güncelliğini 4 ila 6 saat arasında korur. Ephemeris bilgisi daha sonra kodlanarak GPS alıcısına gönderilir.

Almanac 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.

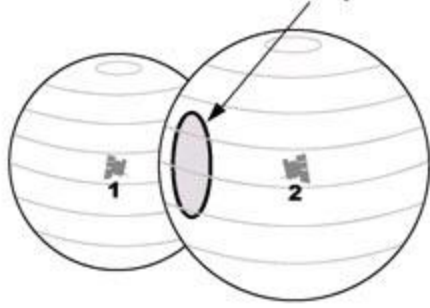
Uyduya olan uzaklık; gönderilen sinyalin geliş süresiyle, hızının çarpımına eşittir.

(Geliş Süresi x Hız = Mesafe)

Uzaklığı belirlemek için kullanılan bu formülden, hızı zaten bilmekteyiz. Radyo dalgasının hızı, atmosferdeki ufak etkiler sayılmazsa, Işık Hızına eşittir. (c = 300.000 km/sn)

Bundan sonra, formülün zaman kısmının hesaplanması gerekir. Çözüm uydulardan gelen kodlanmış sinyallerin

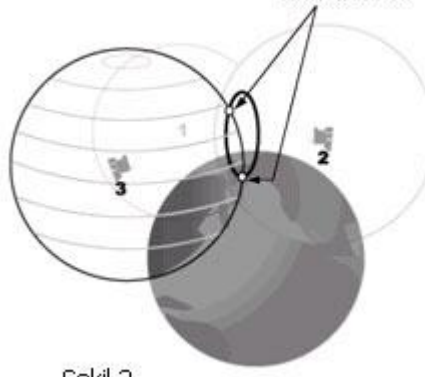
Konumumuz bu çember üzerinde bir yer



Şekil 2

dünyaya ulaşma süresi oluşacak bir hata, mesafe 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.

Pozisyonumuz bu iki noktadan biri



Şekil 3

çinde 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 çarpımını mesafeyi verir. Yaklaşık olarak bir uydudan sinyalin 0,06 saniyedir. Saniyenin binde birinde ölçümünde 300 km'lik bir kaymaya sebep

Geometrik Hesap

Şimdi uyduların yerlerini ve uydulara olan uzaklıklarını 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 olasılığın 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. Diyelim ki dördüncü uyduda 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' lerin özellikleri arasında "Sıcak" ve "Soğuk" başlatma süreleri yer 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 çalışırlar.

GPS İle Pozisyon Ölçümünde Hata Kaynakları

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

Uydu Hataları

Zamanlama GPS için kritik bir faktör olduğu için GPS uyduları atom saatleri ile donatılmışlardır. Ancak atom saatleri de mükemmel değildir. Zamanlamada oluşan çok ufak hatalar, mesafe ölçümünde küçümsenmeyecek yanlışlara yol açar.

Uyduların uzaydaki pozisyonları ise hesaplamamızın başlangıç noktasıdır. GPS uyduları yüksek yörüngelere

yerleştirilmişlerdir ve dünyanın üst atmosferinin bozucu etkilerinden etkilenmezler. Buna karşın tahmin edilen yörüngelerinde ufak kaymalar yapabilirler. Bu da pozisyon hatalarına yol açar.

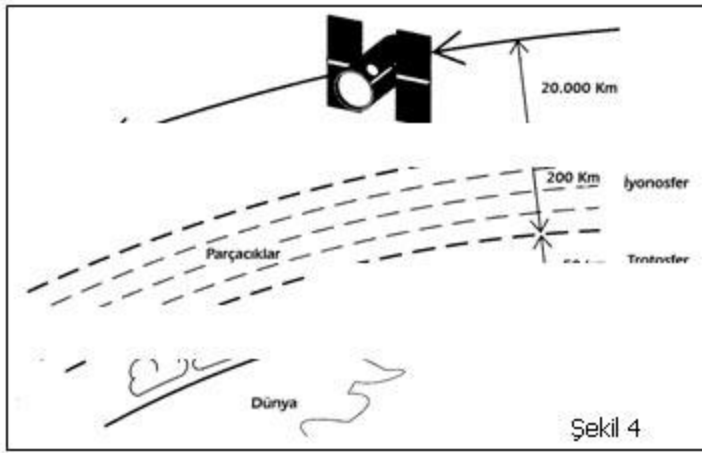
Atmosfer

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

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 gösterirler.

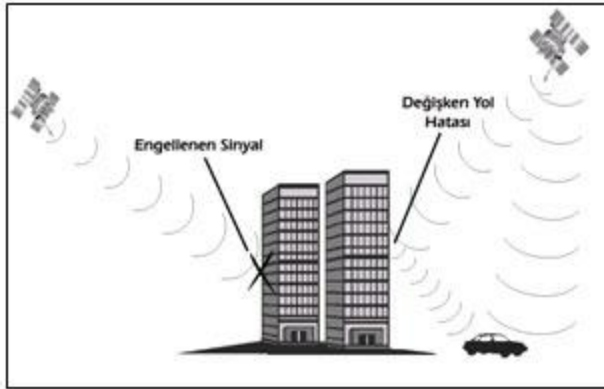
GPS sinyalleri İyonosfer’de yüklü parçacıklar ve Troposferde su buharı tarafından geciktirilir. Tüm hesaplamalarda ışık hızı sabit kabul edildiğinden bu gecikmeler uydunun uzaklığını ölçmede hatalara yol açar.

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



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 yaratırlar.

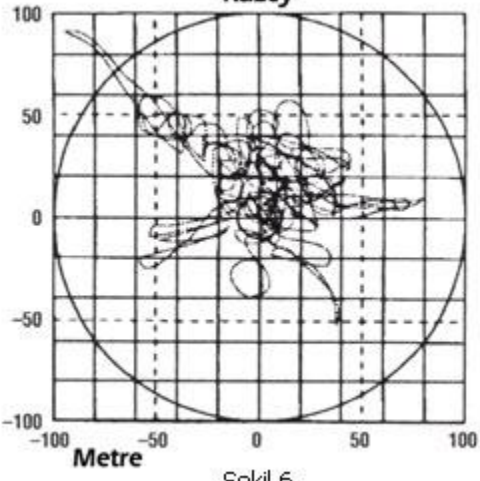


Alıcı Hatası

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

Seçici Kullanılabilirlik (Selective Availability)

Kuzey



Şekil 6

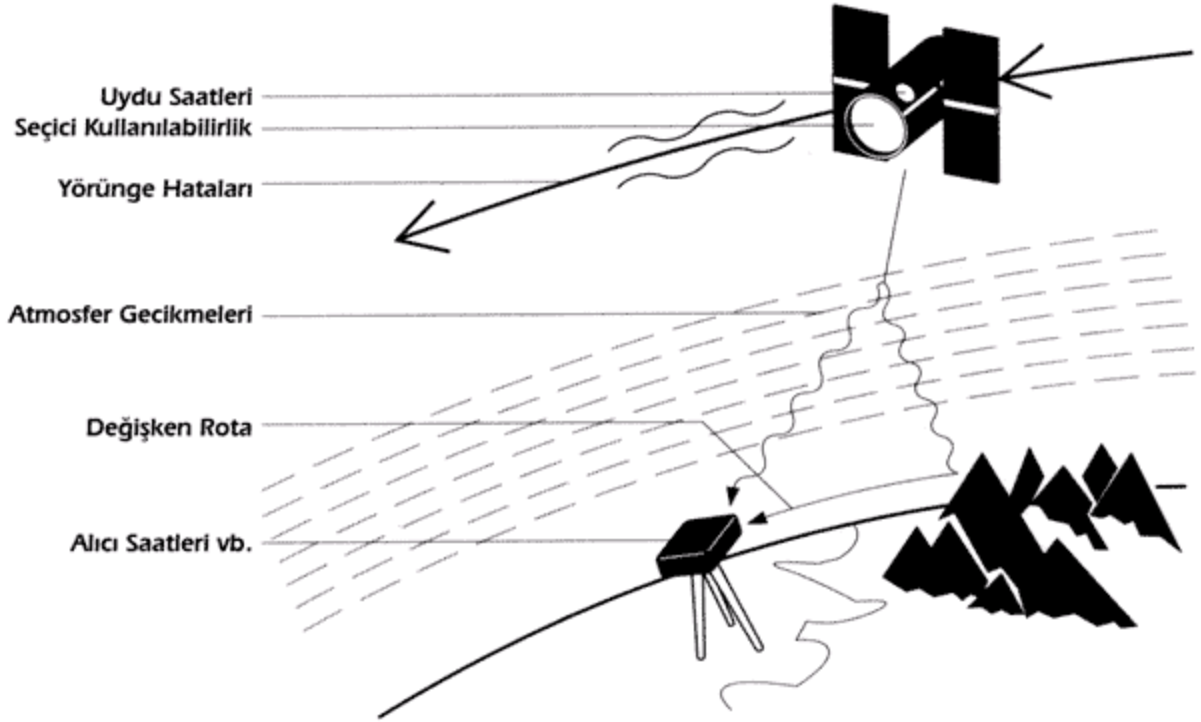
Yukarıda anlatılan doğal hatalardan daha kötüsü, ABD Savunma Bölümü tarafından yapılan "Kasti Hatalardır". Bu "Seçici Kullanılabilirlik" politikasının altında yatan amaç ise, karşı güçlerin GPS sisteminin ABD ve yandaşlarına karşı kötü niyetli kullanımını önlemektir.

ABD Savunma Bölümü 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 dolaştığını görürüz.

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

Hata Kaynaklarının Gözden Geçirilmesi



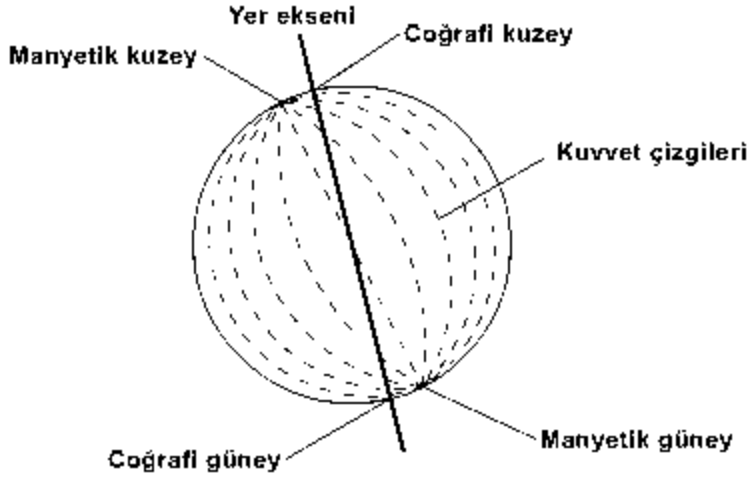
PUSULA

Pusula Nedir?

Basitçe pusula, belli bir eksen etrafında serbestçe dönecek şekilde yapılmış küçük bir mıknatıs çubuğudur. Peki, nedir bu mıknatıs çubuğun özelliği?

Her mıknatısın bir kuzey ucu, bir de güney ucu vardır. İşte pusulanın çalışma prensibi de budur. Pusulanın mıknatıs çubuğu dünyamızın manyetik kuzeyi tarafından çekilmektedir. Bu yüzden dünyanın neresinde olursak olalım pusulamızın N yazılı ve kırmızı renkli ucu daima dünyamızın manyetik kuzeyini gösterecektir.

Manyetik Sapma, Manyetik Kuzey, Coğrafi Kuzey Nedir?



Pusulamızın gösterdiği kuzey her zaman manyetik kuzeydir ve bu gerçek coğrafi kuzeyden birkaç derece farklıdır. **Bu farklılığın adı "Manyetik Sapma"dır.** Bu sapma, bölgeden bölgeye farklılık gösterir. Bu farklılıkta haritalarda gösterilmektedir.

Pusula Çeşitleri Nelerdir?

İmalat şekline göre kuru pusula ve sıvı pusula, çalışma prensibine göre ise Manyetik pusula ve Jiroskop Pusula olarak ikiye ayırabiliriz. Jiroskop pusula gerçek coğrafi kuzeyi gösterir ve çalışma prensibi manyetik pusuladan daha farklıdır. Bizim burada sizlere bahsedeceğimiz manyetik pusuladır.

Pusula Nasıl Kullanılır?

Şimdi bir pusulayı nasıl kullanırız onu öğrenelim. Fakat bu konuya geçmeden önce önemli bir noktaya değinmemiz gerekiyor. Pusulamız manyetik bir alet olduğu için çevresindeki metal cisimlerden etkilenebilir. Pusulanın çevresindeki metal saatlerin, çanta

askılarının, yüzüklerin, arabaların; cep telefonu, bilgisayar, televizyon gibi manyetik alan yayan aletlerin pusulamızı şaşırtacağını bilmeliyiz. Bu nedenle bu cisimlerden uzak bir şekilde pusulamızı kullanmalıyız.

Pusulamızla yön bulmamız için öncelikle Kerteriz almayı öğrenmemiz gerekecek.

Kerteriz; basit olarak manyetik kuzey ile hedefimiz arasındaki açıdır. Eğer elimizde gideceğimiz hedefi gösteren bir harita varsa Kerteriz almak için bu haritayı kullanabiliriz. Bunun için Silva 1-2-3 yöntemini kullanırız. Nasıl mı?

Haritamızı yatay bir satıh üstüne koyalım. Bulduğumuz nokta ile gideceğimiz noktayı hayali bir çizgi ile birleştirelim. Pusulamızın uzun kenarını, hayali hedef çizgimizin üzerine gideceğimiz noktayı gösterecek şekilde koyalım. Pusulanın bileziğini; içindeki çizgiler haritanın düşey çizgileri ile paralel olana kadar çevirelim. Hedef açısı okuma noktasından okuduğumuz açı bize kerteriz açımızı verecektir.

İşte şimdi açımızı öğrendik. Böylece gideceğimiz yöne rahatlıkla gidebiliriz.

Pusulamızı haritadan kaldıralım ve yere paralel olarak tutalım. Bilezikteki kuzeyle, pusulanın kuzeyi çakışmaya kadar etrafımızda dönelim. Bundan sonra pusulanın hareket yönü gideceğimiz yönü göstermektedir. Unutmadan, kerteriz açısını aklınızda tutmanızda fayda vardır. Çünkü bileziğin kazara dönmesi açınızı kaybetmenize yol açar.

Yukarıda, elimizde harita olduğunda yapacağımız işleri anlattık. Peki, eğer elimizde bir harita yoksa ne yapacağız? Gelin hep beraber kısaca bu konuya değinelim.

Elimizde harita olmadığında, gideceğimiz hedefi arazide görebiliyorsak, o zaman hedefin kerteriz açısını şu şekilde belirleriz. Pusulamızın gidilen ok yönünü hedefe doğru tutarız. Pusula bileziğini, kırmızı ok pusulanın manyetik kırmızı ucuyla çakışana kadar çeviririz. Gidilen ok yönünde okuduğumuz açı değeri bizim kerteriz açımızdır.

İşin bu teorik kısmı basit olsa da arazide bir hedefe giderken elimizde devamlı pusulayı tutamayız. Bunun için hedefimize giderken yol üzerindeki daha yakın noktaları birer alt hedef olarak belirlemeliyiz. İlk önce onlara ulaşmamız, daha sonra ana hedefe ulaşmamız gerekecektir.

Mesela bir tepeye ulaşmak istiyoruz ve önümüzde bir göl var. Gölün karşısındaki herhangi bir nesneyi örneğin bir evi alt hedef veya ara kerteriz noktası olarak belirleriz. Eve ulaştığımızda tepeyi göremesek bile kerteriz açısını bildiğimiz için doğru yönde tepeye doğru ilerleyebiliriz.

Pusula İle Geriden Kestirme Nasıl Yapılır?

Peki, ara kerteriz noktalarımızı kaybettiğimiz zaman ne yapmamız gerekir? İşte o zaman geriden kestirme tekniğini kullanırız. Fakat bunu yapabilmemiz için bir önceki kerteriz noktamızı görüyor olmamız gerekir.

Bu durumda geriye döneriz ve pusulamızın güney beyaz ucuyla bileziğin kırmızı okunu çakıştırırız. Bu bize 180° geriye döndüğümüzü gösterir. Bir önceki kerteriz noktamız pusulamızın hedef yönünde ise doğru noktadayız demektir. Ama, eğer böyle göstermiyorsa, gösterene kadar sağa veya sola hareket ederiz.

Dönüş Kerterizi Nasıl Alınır?

Örneğin bahsettiğimiz tepeye ulaştınız ve geri dönmek istiyorsunuz. Yapmanız gereken tek şey kerteriz açısının 180° zıt yönünde ilerlemek olacaktır.

Basit bir matematik hesabıyla dönüş kerteriz açımızı hesaplayalım. Eğer hedefe ulaşırken kullandığımız kerteriz açısı 180° 'den küçük ise açığa 180° ekleriz; 180° 'den büyük ise 180° çıkarırız. Bu hesaplama sonucu bulduğumuz açı bizim dönüş yolunda kullanacağımız kerteriz açısıdır. Bilezikli bir pusulanız varsa yapmanız gereken daha basit. Geriden kestirme tekniğinde olduğu gibi pusulanın beyaz ucuyla bileziğin kırmızı okunu çakıştırın. Hedef oku bize gideceğimiz yönü gösterir. İşte bu kadar basit

Pusula hataları

Pusula hataları genel olarak sapma, değişme ve dönme hatası olarak üç sınıftır. Sapma hatası, dünya manyetik sahasının ekvatorundan kuzeye ve güneye gittikçe yoğunluk ve açısının değişmesiyle ilgilidir. Dünya manyetik saha kuvvetinin dik bileşeni ekvatorunda sıfırken kutuplara doğru gittikçe büyür. Pusula ibresini asıl çeviren kuvvet, manyetik sahanın yatay bileşeni olduğu için kutuplara doğru zayıflayan bu yatay bileşke kuvveti, ibrenin tam kutbu göstermesine yetmez. Pusula ibresinin enlemlere göre kutupları gösterirken yaptığı bu hataya sapma denir. Her şehrin bulunduğu enlem derecesine göre sapma açısı vardır.

Değişme hatası, pusulanın bulunduğu yerde çok miktarda demir aksam olması veya elektrik akımı taşıyan kabloların bulunmasından doğar. Dünya manyetik sahası, demir kütleler ve akım taşıyan kablolar tarafından etkilendiği için pusula gerçek yönü gösteremez. Bu tür hata, pusula yanına konulacak tashih mıknatıs çubukları ile giderilir.

Dönme hatası, pusulanın ani hareketlerle ibresinin dünya manyetik sahası yatay bileşkesinin etkisinden kurtularak dönmesinden ileri gelir. Gemi ve uçak gibi ivme ve sallanma özelliği taşıyan araçlarda dönme hatası çok olur. Bu hata jiroskoplu pusulalar kullanılarak önlenir. Modern pusulalar jiroskoplu yapılmaktadır. (Bkz. Jiroskop)

Jiroskoplu pusulada sürtünmesiz iki elmas yatak arasında çok yüksek devirle dönen bir rotor vardır. Rotor iki adet halka arasında dengeli bir şekilde askıya alınmıştır. Halkalar birbirine dik iki eksen etrafında dönebilirler. Halkalarının dönme eksenleri birbirine dik ve rotor ağırlık merkezinde kesişirler. Halkaların görevi her yöndeki sallanmanın rotora intikalini önlemektir. Rotor yüksek devirle dönerken, rotor muhafazasına dışardan gelen hiçbir kuvvetle dönüş düzlemi değiştirilemez, böylece dönüş eksenini sabit bir noktayı gösterir. Buna jiroskobun atalet prensibi denir. Dönüş eksenini değiştirmek için rotora doğrudan doğruya kuvvet tatbik etmek gerekir. Rotor dönüş eksenini, tatbik edilen kuvvete dik doğrultuda hareket eder. Jiroskobun bu özelliğine, jiroskop yön sakınımi denir. Jiroskobun yön sakınımi prensibinden istifade edilerek her enlem için rotor yönü hassas bir şekilde kuzeyi gösterecek şekilde ayarlanabilir.

Pusula ile jiroskobik pusula arasındaki fark, birinin dünya manyetik kutbunu, diğerinin ise ideal kuzey olarak kabul edilen ve coğrafik kutbu göstermesidir. İki kutup arasında belli bir açı vardır.