

GPS'İN MODERN ÖLÇME TEKNİĞİNDEKİ UYGULAMALARI

(APPLICATIONS OF GPS IN MODERN SURVEYING)

Paul A. CROSS-Muhammed ŞAHİN

(Bu makale, hukukçu ve gazeteci yazar UĞUR MUMCU'nun anısına ithaf edilmiştir.)

ÖZET

On yıldan fazla bir süredir GPS, ölçmeciler tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır; fakat bu güne kadar daha çok kontrol ölçmelerinde, özellikle klasik kenar ve açı ölçmelerinin yerine kullanılmıştır. Bu gün, Amerika Savunma Bakanlığı tarafından GPS uydularının artırılmasıyla, uyduların uzayda daha iyi bir geometrik dağılımı oluşmuştur. Bununla beraber, son zamanda GPS alıcılarındaki, ölçme ve hesaplama tekniklerindeki gelişme sayesinde GPS, bir çok yeni ölçme olanağı sunmaktadır. Bu olanaklar; mühendislik uygulamaları, deformasyonların izlenmesi, sayısal arazi modelleri için gerekli bilgileri sağlama ve diğer haritalama, kadastro, mühendislik ölçmeleri ve coğrafik bilgi sistemlerini içine alan hemen hemen konum belirleme ile ilgili tüm alanlardır. Belirtilen bu alanlarda santimetre doğrulukta konum belirlenebilmektedir.

Yukarıdakilere ek olarak, GPS'in dinamik konum belirleme olanağını sağlamasıyla, fotogrametrik ölçmelerde kameranın uçuş yüksekliği ve konumu belirlenebilmektedir ve bu işlem hemen hemen arazi kontrol noktalarının önemini ortadan kaldırmaktadır. GPS'in gerçek ölçme zamanındaki diferansiyel modu, günde 24 saat deniz ölçmelerindeki tüm problemleri çözebilmektedir ve özellikle üç boyutlu kompleks modern sismik ölçmelerde GPS çok kullanışlıdır.

Bu makale, Newcastle Üniversitesi'nde gerçekleştirilen projelerden örnekler vererek, GPS'deki gelişmelerin yukarıdaki uygulama alanlarında kullanılmasının olası olduğunu gösteren bilgiler içermektedir.

ABSTRACT

GPS has been used by surveyors for more than a decade but to date most of the applications have been in the field of control surveys, especially the replacement of classical triangulation and traversing. However the virtual completion of the planned constellation by the US Department of Defence,

along with recent developments in instrumentation and processing techniques, has opened up vast new surveying opportunities. These include real time, instantaneous, centimetre-level positioning for engineering setting out, deformation monitoring, provision of digital terrain models and virtually all other applications within the fields of mapping, cadastral and engineering surveying, and in GIS.

Additionally the ability to position in a dynamic mode now enables the determination of the position and attitude of a camera during photogrammetric surveys so virtually obviating the necessity for ground control. GPS, in a real time differential mode, can also now solve, almost twenty-four hours per day, all offshore positioning problems and is especially useful in modern complex 3D seismic surveys.

This paper reviews the developments that have made these applications possible and gives examples from real projects carried out at the University of Newcastle upon Tyne.

1.0 GLOBAL KONUM BELİRLEME SİSTEMİNE GİRİŞ (GPS)

Literatürde GPS veya NAVSTAR-GPS (NAVstar Sistem with Time and Ranging: zaman ve uzunluk ölçmeleriyle navigasyon sistemi -Global Position System) olarak bilinen "Global Konum Belirleme Sistemi" 1974'de Amerika Savunma Bakanlığı (DoD: Department of Defence) tarafından üç boyutlu konum belirleme amacına yönelik geliştirilmiş bir uydu sistemidir. İlk GPS uydusu 22-02-1978'de yörüngeye oturtulmuştur (Cross, 1991a).

Sistem, altı yörünge planından oluşmaktadır. 3 Şubat 1993 itibariyle yörüngedeki aktif uydu sayısı 21'dir. Bunlardan 4'üne Blok-I, 9'una Blok-II ve 8'ine de Blok-IIA uyduları denmektedir. Blok-I uydularının yörünge düzleminin ekvator düzlemiyle yaptığı açı 63 ve Blok-II/IIA'nın ise 55 derecedir. Her bir uydunun periyodu yaklaşık 11 saat 57 dakika ve 57.7 saniyedir. Sistemin 1993'ün sonuna kadar tamamlanması ümit edilmektedir ve tamamlandığında her bir yörüngede 4 uydu olmak üzere GPS'in uzay bölümü toplam 24 uydudan oluşacaktır.

Uydular, konum belirleme amacına yönelik L1 (1575.42 MHz) ve L2 (1227.60 MHz) band sinyalleri gönderirler. C/A (frekansı 1.023 MHz) kodunun üzerine sadece L1, P (10.23 MHz) kodunun üzerine hem L1 hem de L2 sinyalleri modüle edilmiştir. Bunların yanında bir de veri mesajları (navigation messages) gönderilmektedir (Roberts and Cross, 1993).

GPS'de genel olarak iki ölçme yapılmaktadır. Faz ve uzunluk (pseudorange: gerçek olmayan uzunluk) ölçmeleri. Uzunluk ölçmesi, basit olarak bir sinyalin uydudan yer istasyonuna ulaşınca kadar geçen zamanın ışık hızıyla

çarpılmasıyla elde edilir. Faz ölçmesi ise, uydu taşıyıcı sinyal fazı ile yer istasyonunda bulunan alıcının osilatördeki sinyalin fazı arasındaki fark ile oluşturulur. Fazın birimi devir (cycle, 1 cycle = 2π) ile ifade edilmektedir ve sinyalin başlangıç devir değeri bilinmemektedir. Bu değere literatürde 'integer ambiguity' denmektedir. Faz ölçmesi daha çok "epoch ; seri" ile ifade edilir. Bir "epoch", genel olarak istenilen zaman aralığındaki tüm fazların ortalaması ile oluşturulur. Bu zaman aralığı, noktada uzun süre (diyelim 30 dakikadan fazla) kalıncaksa 15 veya 20 saniye olarak belirlenir.

1988'lerde nokta konum doğruluğunun 10 m'ye kadar çıkması ve Amerika Savunma Bakanlığı'nın bunu kendi güvenliği açısından tehlikeli görmesi, Mart 1990'da bu doğruluğu engellemek için uydulara değişik iki ana hata eklemesi gerekli görmüştür. (Cross, 1991 a,b). Bunlardan ilki SA (Selective availability) olarak bilinmektedir ve iki tür hatadan oluşmaktadır: Birincisi uydu ile alıcı arasındaki uzaklığın doğru hesaplanamaması için sadece Blok II'deki uydu saatlerinde yapılan değişikliktir (uydu saat hataları) ve bu hata türü L1 ve L2 sinyalleriyle yapılan tüm ölçmeleri etkilemektedir, ikincisi ise "epsilon" olarak bilinen ve bilerek uydudan alınan yanlış veri mesajlarıdır, ve bu nedenle uydu koordinatları yanlış hesaplanmaktadır. Epsilon hatası, uydunun ölçme anında verdiği veri mesajları olarak bilinen broadcast efemeride etki etmektedir. İkinci ana hata olan (aslında hata değil, tamamen P kodunun kullanılmasını engelleyen bir faktör) AS(antispoofing) dir. SA'nin birinci hatası olan saat hataları literatürde difransiyel GPS (DGPS) olarak bilinen hesaplama tekniği ile tamamen yok edilebilmektedir. Epsilon hatasından bu şekilde kaçınılamıyor. Bunun için prezisyonlu efemeridler kullanılmaktadır; fakat yine de tamamen yok olmamaktadır. AS yüzünden gerçek P kodu elde edilememektedir, bunun yerine P kodu ile başka bir kodun (W) birleşimi olan Y kodu ile ölçme yapılmaktadır. Bu hatadan kaçınmak için son zamanlarda kodlar arasında korelasyonu çok iyi çözümlen GPS alıcıları üretilmektedir.

Uydulardan alınan tüm bilgiler, Goddard Uzay Merkezi (Goddard Space Flight Center) tarafından 1987'de geliştirilen WGS84 (World Geodetic System, 1984: Dünya Jeodezik Sistemi) referans elipsoidi üzerindedir. 1987'ye kadar WGS72 sistemi kullanılmaktaydı. WGS84 elipsoidinin dik koordinat sisteminin merkezi Dünya'nın merkeziyle çakışmakta (yaklaşık 10 cm doğrulukla), X eksenini ekvator düzlemiyle ortalama Greenwich meridyeninin kesim noktasından geçmekte, Z eksenini Dünya'nın dönme eksenine paralel ve Y eksenini de bu iki eksene dik olarak alınmaktadır. WGS84, 1987'de uluslararası yersel koordinat sistemi olarak kabul edilmiştir ve Dünya üzerinde 1600 tane Transit (Doppler) istasyon koordinatlarının, global konum belirleme doğruluğu 1-2 cm olan lazer uydu sistemi (Satellite Laser Ranging, SLR) ve gözleme kaynağı kuazar yıldızları olan çok uzun bazlı interferometri (Very Long Baseline Interferomet-

ry, VLBI koordinat sistemlerine dönüştürülerek elde edilmiştir. VLBI baz belirleme yöntemidir (Johansson, 1992)

2.0 GPS'DE DOĞRULUK VE MALİYET

GPS ölçmelerinde doğruluk, yapılacak işe verilen emeğe ve maliyete bağlı olarak değişmektedir. Emek ve maliyet işin amacına uygun olacak şekilde düzenlenmelidir. Aşağıda kısaca doğruluğu maliyete ve emeğe bağlı olarak artıran bilgiler verilecektir:

- * Sadece uydulara uzunluk ölçmesi (pseudorange) yapılması durumunda nokta konum belirlemede % 95 güven aralığı içerisinde 100 m'ye ulaşılabilirliktedir.
- * Bazı el alıcılardan ölçmeler, alıcının dışındaki bir ortama elektronik yolla aktarılamamakta, sadece ekrandan sonuçlar görülebilmektedir. Eğer uzunluk ölçmeleri farklı bir ortama aktarılabilirse, örneğin bir diskete yüklenebiliyorsa basit anlamda difransiyel GPS yöntemi uygulanabilir. Bu yöntemde, relatif konum doğruluğu 3-5 metredir (Cross and Roberts, 1992).
- * Uzunluk ölçmelerinin yanında, L1 faz (C/A kodu üzerinde) ölçmelerini veren GPS alıcısı varsa prezisyonlu defransiyel GPS söz konusu olur ve relatif konum belirleme doğruluğu 1-2 metredir. Eğer sadece L1 faz ölçmeleri kullanılıyorsa baz belirleme doğruluğu 2-3ppm dir.
- * Bazı GPS alıcılarıyla L1 ve L2 faz ölçmeleri yapılabilmektedir; fakat P kodu üzerinde değil. Bu tür alıcılar kendi içlerinde iki fazın karelerini alarak faz çözümü yaparlar. Bunun yanında P kodu üzerinden L1 ve L2 faz ölçmeleri yapan alıcılar da bulunmaktadır. Bu ölçmelerle bazlarda 10 ppb (parts per billion) doğruluğa ulaşmak olasıdır.

Yukarıda sıralanan ölçme türlerinin yanında, bu ölçmeleri değerlendiren GPS programlarının da fiyatları aynı düzende artmaktadır. Kısacası L1 ve L2 faz ölçmeleri kullanılıyorsa prezisyonlu relatif GPS sözkonusudur ve çok uzun bazların belirlenmesi veya kısa süreli ölçme periyodu olanaklarını sağlarlar. Yüksek prezisyonlu GPS uygulamalarında aşağıdaki faktörler gözönünde bulundurulmalıdır:

- * GPS ağının yapısı * Arazideki çalışmalar * Ölçme süreleri
- * GPS antenlerine gelen uydu sinyallerinin başka cisimlere çarpmadan direkt gelip gelmediği veya antenlerin başka sinyalleri alıp almadığına dikkat edilmelidir. Bu hatayı minimuma indirmek için GPS noktalarının seçilmesinde noktanın çevresinde bu tür hataya neden olabilecek hiçbir cismin olmamasına dikkat edilmelidir.

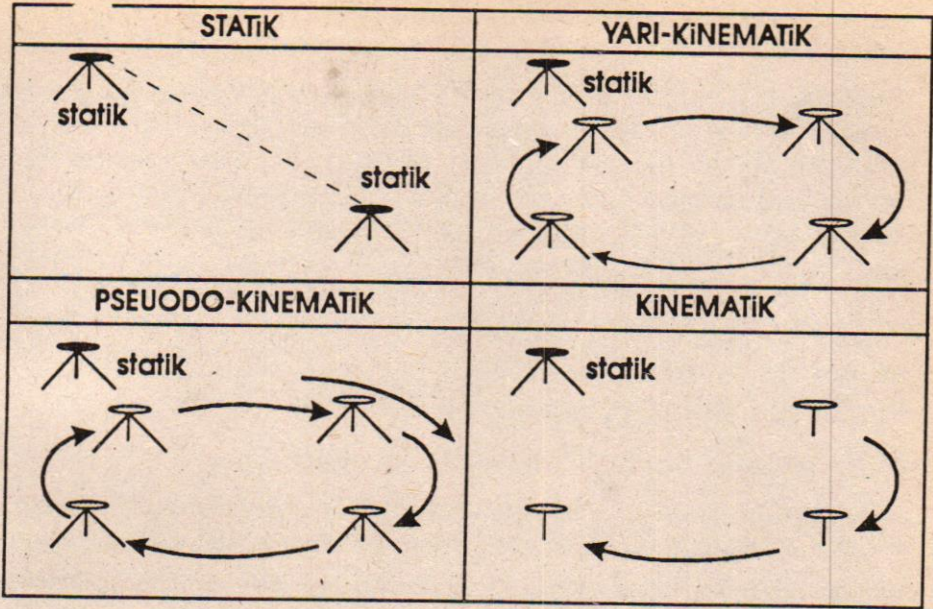
- * Ölçmelerin geçerliliği
- * Troposferik refraksiyon etkisinin modellendirilmesi
- * İyonosferik refraksiyon etkisi
- * GPS alıcısının ve antenin yapısı
- * Integer ambigüitelerin belirleme teknikleri ve yöntemleri
- * GPS uyduları yörüngelerinin hesaplanması (hangi efemeridler kullanılıyor? veya ölçme esnasında güvenilir noktalarda toplanan ölçmelerden mi uyduları yörüngeleri hesaplanıyor?)
- * Hesaplama teknikleri ve kullanılan programlar.

3.0 GPS'DE ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Bir önceki bölümde de anlatıldığı gibi GPS'de, faz ve uzunluk ölçüleri olmak üzere iki tür ölçü vardır. Her bir ölçünün kullanıldığı alanlar farklıdır. Eğer santimetre doğruluk aranıyorsa faz ölçmeleri, metrenin üzerinde doğruluk aranıyorsa uzunluk ölçmeleri kullanılmaktadır. Faz ölçmelerinin en büyük sorunu integer ambigüitelerdir ve bu değer bir ölçme süresi boyunca ilgili uyduları için sabit kalmaktadır, burada dikkat edilecek nokta ölçme süresi boyunca gözlenen uyduların kaybolmamasıdır. Eğer bu uyduları gözleme alanından çıkar ve tekrar girerse, yeniden integer ambiguity hesaplanması gerekir. Burası uydunun ölçme alanından çıkışı süresi çok fazla değilse yeniden integer ambiguity hesaplamasının yerine 'cycle silip; fazdaki devir kaymaları düzeltilir. Aşağıda kısaca GPS ölçme yöntemleri açıklanacaktır ve Şekil 1'de bu yöntemler gösterilmektedir.

Statik Relatif GPS: GPS'de ilk olarak geliştirilen, çok yüksek presizyonlu ölçmelerde kullanılan ve faz ölçmeleriyle gerçekleşen (uzunluk ölçmeleri de yapılmakta; fakat en son data analizinde kullanılmamaktadır: post-processing) bir ölçme tekniğidir. En az iki GPS alıcısı iki yer noktasında 'statik mod' da yani sabit olarak bir kaç saat durur ve uydudan data toplar. Ölçme sonunda bilinmeyenler relatif nokta koordinatları, integer ambigüiteler ve saat hatalarıdır. Bu yöntem daha çok, çok yüksek doğrulukta uzun bazların belirlenmesinde, deformasyonlarda, jeodinamik hareketlerin izlenmesinde ve ulusal nirengi ağlarının oluşturulmasında kullanılır.

1985'lere kadar GPS'nin sadece statik modu bilinmekteydi. İlk olarak 1985'de Remondi adında bir jeodezici GPS'nin kinematik ölçme yöntemini ortaya atmıştır (Kleusberg, 1990). Kinematik yöntem daha sonra değişik şekiller almış ve her birine de yeni yeni isimler verilmiştir.



Şekil 1. GPS Ölçme yöntemleri

Yarı-kinematik GPS (Semi-kinematic): Bu ölçme yönteminde integer ambigüiteler ölçmeden önce belirlenir. Integer ambiguity çözümü için en çok kullanılan yöntem literatürde 'antenna exchange veya *antenna swapping*' dir. Arazide birbirine bir kaç metre uzaklıkta iki noktada GPS anten sehpaları kurulur, daha sonra antenler sehpelere yerleştirilip bir kaç dakikalık data toplanır. İkinci adımda, sehpaları yerlerinden oynatmadan ve alıcı kapatılmadan antenlerin yerleri değiştirilip data toplanmaya devam edilir. Daha sonra bu iki alıcıdan bir tanesi statik moda data toplamaya devam eder ve diğer alıcı da koordinatı istenen noktalarda bir kaç saniyelik data toplar. Ölçme başlangıç noktasında son bulur. İlk iki noktadan toplanan datalardan integer ambiguity belirlendikten sonra geriye sadece diğer noktaların statik noktaya göre relatif koordinatları ve saat hataları bilinmeyen olarak kalmaktadır. Dikkat edilmesi gereken nokta ölçme süresi boyunca en az 4 uydunun sürekli gözlenmesidir. Hatırlanacağı gibi, uydu gözleme alanından çıkar ve tekrar girerse veya başka bir uydu gözleme alanına girerse integer ambigüiteler ilgili uydular için tekrar hesaplanmalıdır. Bu nedenle en az 6 uydu ile ölçmeye başlanması önerilmektedir (Tan and Lunnay, 1991).

Pseudo-kinematik GPS: Bu yöntem yarı kinematik yöntemle hemen hemen aynıdır tek fark şudur: Birinci ölçme serisi tamamlandıktan sonra koordinatı istenen aynı noktalarda tekrar aynı şekilde data toplanır. Buradaki amaç, uyduların değişik uzay geometrik konumlarında her bir nokta için iki periyod

data toplamaktır. İki periyod data aynı anda çözülür, ayrı ayrı çözüme gidilmez.

Kinematik GPS: Kinematik GPS yöntem olarak yukarıdakilerle hemen hemen aynıdır. Burada ölçme başında integer ambiguity belirlendikten sonra, hareket halindeki alıcı ilgili alanı tarar. Referans noktasına göre relatif konumları aranan noktalarda istenirse sadece 1-2 saniyelik data toplanabilir veya hiç durmadan alıcı sürekli gezdirilir (Kleusberg, 1990). Hareket halindeki alıcı bir arabanın üzerine de yerleştirilebilir. Burada tekrar başlangıç noktasına gelme koşulu yoktur. Hareket halindeki çizimlerin zamana bağlı konumları bu yöntemin alanına girmektedir ve hem faz hemde uzunluk ölçmeleri ölçü olarak alınabilmektedir (Greenway, 1991).

4.0 GPS'İN UYGULAMA ALANLARI

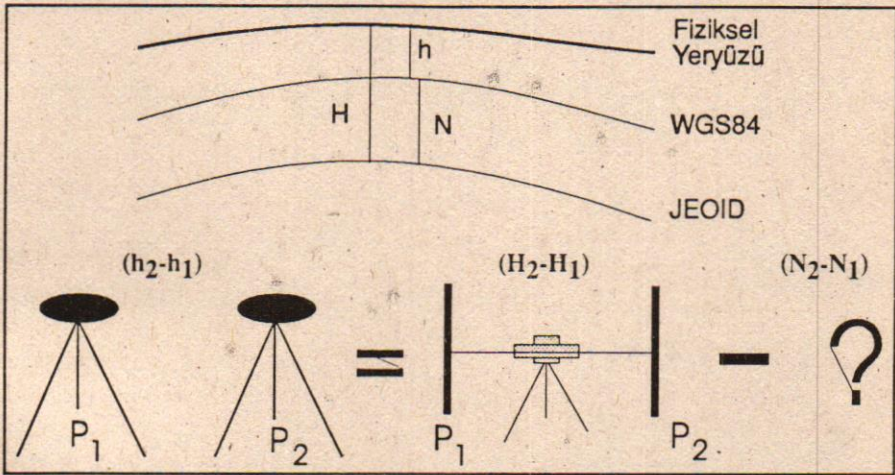
4.1 Birinci Derece Ulusal GPS Yüzey Ağının oluşturulması

Ulusal nirengi ağını yeniden oluşturmak isteyen ülkeler, klasik jeodezik yöntemlerle böyle bir işe kalkışmaları mantıklı bir yol olmaz. Hem zaman hem de ekonomik açıdan yararlı bir iş değildir. Yeniden ülke nirengi ağına neden gerek var sorusu sorulabilir. Geniş bir alanı içine alan bölgelerde oluşturulan lokal ağların ülke ağına bağlanması gerekebilir. GPS ile oluşturulan referans sistemi ülke sistemine dönüştürmek gerektiğinde bir çok problemle karşılaşılabilir. Çünkü WGS84 elipsoidi en modern gravity modellerinden oluşturulmuştur. Bu gravite modelleri, hem yersel gravite ölçüleri hem de altimetrik uydulardan alınan bilgiler ile hesaplanmıştır. Bu nedenle WGS84 elipsoidi pürüzsüz bir elipsoid denilebilir, en azından daha önce oluşturulmuş elipsoidlere göre çok daha iyidir. Diyelim 50 sene önce oluşturulmuş bir elipsoid ile WGS84 elipsoidini aynı kefeye koymak anlamsız olur. Böyle bir elipsoidi kullanarak, WGS84 koordinatlarını bu sisteme dönüştürürken, ortak noktaları kullanarak hesaplanan transformasyon parametreleri birbirine uzak iki bölge için çok farklı olacağı görülür. Bu nedenle 50 sene önce klasik ölçme yöntemleriyle oluşturulmuş elipsoid referans alınamaz. O zaman ne yapılmalı? Devletin desteği, üniversiteler, özel şirketler, odalar ve diğer bilim kurumlarının ortak çalışmasıyla ülke çapında hemen bir GPS ağı oluşturulmalı. Bununla birlikte, GPS'in yanında global nokta konum belirleme doğruluğu 1-2 cm olan mobil lazer uydu sistemi (Şahin ve diğ., 1992/93) ve çok uzun baz belirlemede milimetre doğruluğa sahip mobil çok uzun bazlı interferometrik yöntemlerle ülke referans elipsoidi belirlenmeli GPS uydu yörüngelerini kontrol etmek için mobil lazer ve interferometrik istasyonlarda GPS ölçmeleri de yapılmalı. Nokta koordinatları bir-iki cm doğrulukta bilinen bu tür noktalara literatürde güvenilir (fiducial) noktalar denmekte ve GPS uydu yörüngelerinin geliştirilmesi ve hesaplanmasında kullanılırlar. Daha sona ülke yüzeyini tarayacak birinci derece GPS ağı oluşturulur. İstenirse sıklaştırma noktaları da tesis

edilebilir. Simultana ölçmelerde GPS uydu yörüngelerini kontrol etmek için güvenilir noktalarda sürekli GPS alıcıları bulunmalıdır.

Ülke GPS ağını oluşturduktan sonra ülke yüzeyini kaplayacak şekilde bir kaç sabit GPS istasyonları kurulmalı. Bu istasyonlarda günün 24 saatinde GPS ölçmeleri yapılmalı ve ölçüler değerlendirilmeli. Sabit GPS istasyonları ölçülerini, isteyen her sivil/asker kullanıcıya vermekle sorumlu tutulmalıdır. Eğer ülkede böyle istasyonlar olsa, eline tek bir GPS alıcısını alan herkes kendi konumunu bu referans noktalarına göre, hatta zamana bağlı olarak belirleyebilir ülkenin herhangi bir yerinde yapılan ölçüler direkt tek sisteme bu şekilde dönüştürülebilir veya özel bir çalışma ağını kuran herhangi bir kişi veya kuruluş başka güvenilir noktalara ihtiyaç duymaz, sadece ilgilendiği bölgede ölçmelerini yapar ve geri kalan diğer bilgileri sabit CPS istasyonlarından alır.

GPS'de bilindiği gibi WGS84 üzerinde noktaların birbirlerine göre relatif X,Y,Z koordinatları elde edilmektedir. Dik koordinatlar basit formüllerle coğrafik koordinatlara dönüştürülebilir. Elde edilen noktalar arasındaki yükseklik farkları (Şekil 2, h_2-h_1) elipsoid üzerindeki noktaların birbirlerine göre relatif yükseklikleridir. Ortometrik yükseklikleri (H_2-H_1) ise geometrik veya prezisyonlu nivelmanla belirlenebilir. Eğer amaç jeoid belirlemekse (N) bu iki veri yeterlidir. Bu şekilde, kolokasyon yöntemlerini de kullanarak bölgenin çok iyi bir yerel jeoid haritası çıkarılabilir veya istenen noktalardaki jeoid ondülasyonları kolokasyonla hesaplanabilir (Bordley ve dig.,1989). Eğer ortometrik yükseklikler yok ve aranıyorsa, jeoidin bilinmesi gereklidir. Modern jeoid belirleme uygulamalarında jeoid, altimetrik uydulardan alınan jeopotansiyel katsayılarından veya jeopotansiyel katsayılar ile yersel gravite ölçmelerinin birlikte değerlendirilmesinden elde edilmektedir.



Şekil 2. WGS84 elipsoidi, jeoid ve fiziksel yeryüzü arasındaki ilişki.

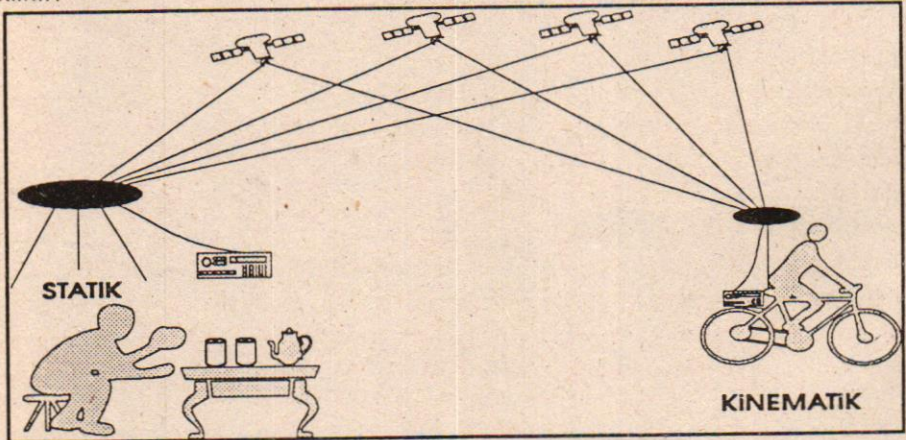
Klasik ölçmelerde birinci derece nirengi noktaları genellikle yüksek tepelerin veya yüksek binaların üzerinde seçilmesi koşulu GPS'de tamamen ortadan kalkmaktadır. Gönümüzdeki ülke GPS ağını oluşturan ülkeler, GPS noktalarını alçak yerlerde veya bir taşıtın rahatlıkla girebileceği alanlarda seçebilmektedir.

4.2 Mühendislik Ölçmeleri

Genel olarak barajlar, tüneller, demiryolları, karayolları vs. gibi alanlardaki ölçmeler mühendislik Ölçmelerinin alanına girmektedir. Hatta bu tür bölgelerde lokal deformasyonların belirlenmesi bu dalın bir parçasıdır. Mühendislik ölçmelerinin bir çok uygulamasında lokal çalışmaların ülke ağına bağlanması aranmayabilir ve bu şekilde sadece o bölge için lokal bir referans sistemi belirlenebilir. Daha sonra tüm ölçmeler bu referans sistemine bağlanabilir. Bu nasıl yapılır? Oluşturulan ağda birinci periyod ölçmeler, daha sonraki periyodlar için bir baz oluşturabilir. Yani ilk periyod ölçme ile lokal referans sistemi belirlenebilir, daha sonraki ölçmelerin buna bağlanabilmesi için her bir periyod ölçmede en az üç ortak nokta GPS ölçmelerinin olması koşulu unutulmamalıdır ki transformasyon parametreleri hesaplanabilsin.

Mühendislik ölçmelerinin bir başka önemli uygulama alanı hacim hesaplarının belirlenmesidir. Klasik ölçmelerde genel olarak, ilgili alan karelere bölünür ve karelerin kesişme noktalarında nivelman ölçmeleri yapılmaktadır. Hacim hesaplamaları genellikle çok büyük alanları içine almadığı için lokal jeoid üzerinde çalışmak yeterlidir. GPS ile hacimlerin belirlenmesi klasik yöntemlere göre ekonomik açıdan çok daha ucuz ve az zahmet isteyen bir işidir. Şekil3'de bisiklettaki GPS alıcısı statik konumdaki referans noktasına göre ilgili alanı rastgele taradığını göstermektedir.

Klasik ölçme tekniklerinin çok rahatlıkla girebileceği tüneller, kapalı maden işletmeleri vs gibi alanlara GPS'in girmesi olası değildir, bu nedenle şu söylenebilir: GPS hiç bir zaman klasik tekniklerin yerini tam olarak alamayacaktır.



4.3 Kadastro Ölçmeleri

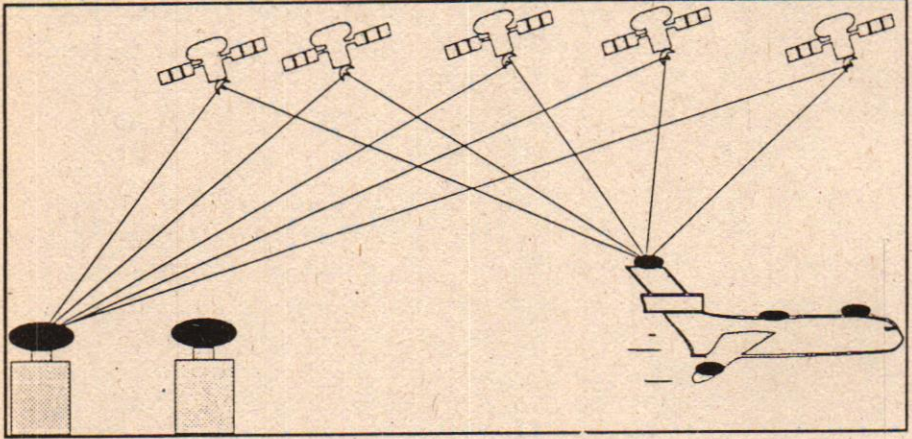
Kadastro uygulama yöntemleri, yönetmelikleri ülkeden ülkeye değişmektedir. Bu yönetmeliklerde ölçme yöntemleri öncelik taşımakta, yani doğruluk ikinci planda tutulmaktadır. Örneğin, kadastro yönetmeliklerine göre doğrultular belli bir seri, bazlar elektronik uzaklık ölçerlerle yine belli bir seri vs. biçiminde ölçmeler yapılmalıdır. İlk yapılması gereken şey, her ülke kadastro yönetmeliklerinde doğruluk ön planda tutulacak şekilde değişiklik yapılmalıdır. Klasik yöntemlerle kadastro ölçmeleri, özellikle kırsal alanlarda hem çok zaman almakta hem de doğruluk düşmektedir, poligon ağlarının kapanmasından büyük güçlüklerle karşılaşmaktadır. GPS bu gibi alanlarda büyük kolaylık ve yüksek doğruluk sağlamaktadır. Önceki bölümlerde anlatılan kinematik yöntemleri burada kullanmak olasıdır.

1990 yılında Kaliforniya'da yapılan GPS ile kadastro uygulaması şu sonuçları vermiştir (mechael, 1991). Toplam 110 kadastro ve kontrol noktalarında GPS ölçmeleri yapılmış. Engeli bölgelerde GPS ile belirlenen bazların, daha önce Hükümetin Arazi Ofisi tarafından belirlenen bazlardan 2.9-7.6m/km farklı olduğu görülmüştür. 1970 ve 1980 arasında elektronik uzaklık ölçerlerle ölçülen bazlar arasında bu değer 20-40 cm olduğu da görülmüştür. Halbuki, Kuzey Amerika Datum 1983 (NAD83 : North Amerika Datum) sonuçlarında x, y ve z koordinatlarındaki standart hatalar sırasıyla 0.95, 1.27 ve 1.39 cm olarak verilmiştir.

4.4 Fotogrametri ve Uzaktan Algılama

Hava fotogrametrisi veya uzaktan algılamada, önemli olan fotoğrafın çekim anındaki üç boyutlu koordinatlarının bilinmesidir (Şekil4). Eğer çekim anındaki kameranın koordinatları GPS ile belirlenirse klasik fotogrametride gerekli olan yer kontrol noktalarına hiç gerek kalmamaktadır. bu işlem için, uçuştan önce uçağın kanatlarına birer, kabinin hemen arkasına bir ve uçağın en arka kısmına da bir adet olmak üzere toplam dört GPS anteni yerleştirilir. Uçağın kanatlarına ve arka kısmına yerleştirilen üç GPS anteninin görevi, uçaktaki dönmeleri belirlemektir. Ölçmeler kinematik metod ve faz modunda yapıldığı için integer ambiguities gözleme yapılacak uydular için hesaplanmalı. Hatırlanacağı gibi kinematik metodda integer ambiguities belirlemek için referans noktasındaki GPS alıcısı ölçme süresi boyunca sürekli o noktadan data toplar ve hareket halinde olan GPS alıcıları önce koordinatı bilinen noktadan data toplamaya başlamaları gerekiyor; fakat burada durum biraz farklıdır ve şöyle bir yöntem uygulanmaktadır: Karada bir kaç adet GPS referans noktası seçilir ve bu noktalar ölçme süresi boyunca data toplarlar ve uçaktaki GPS antenleri de ilgili alanlarda data toplamaya başlarlar. Ölçmelerin simoltane yapılması gerektiği için yerdeki referans noktalarındaki alıcılar ile

uçaktaki alıcıların aynı uyduları gözlemeleri gerekiyor. Ölçmelere en az 6 uydudan başlanması önerilmekte, bu şekilde ölçme esnasında gözleme alanındaki çıkan uydular sorun yaratmaz. Integer ambigüitilerin hesaplanması için 'Hızlı ambigüite belirleme yöntemleri' uygulanır. Bu yöntemde referans noktalarının sayısı ve önemi artmaktadır. Bu şekilde belirlenen kameraların yer istasyonlarına göre 500 km'ye kadar olan uzunluklarda relatif konumlar ± 10 cm doğrulukla belirlenebilmektedir.



Şekil 4. Fotogrametri veya Uzaktan Algılamada GPS

4.5 Deformasyon Ölçmeleri

Jeodezi'nin görevi yeryüzünün boyutu, şekli ve gravite alanını belirlemektir. Yeryüzünün şekli ve gravite alanı zamana bağlı olarak, yeryüzüne etkien değişik kuvvetlerden dolayı (tektonik hareketler, okyanusların hareketi, Ay ve Güneş'in etkisi, vs.) değişmekte veya deforma olmaktadır. Yerkabuğu üç yönde hareket edebilir, pratikte sadece yatay veya düşey hareketler yoktur (Chen, 1991). Bu hareketler zaman ve geometrik anlamda ikiye ayrılabilir. Zaman ölçeğine bağlı hareketler; uzun sürelerde oluşan düzenli hareketler, belli aralıklarla yani periyodik olarak oluşan hareketler ve başka etkenlerden dolayı (deprem, volkanik patlamalar, vs.) oluşan hareketler diye sınıflandırılabilir. Geometrik anlamda ise hareketler üç şekilde tanımlanır, global, bölgesel ve yerel hareketler veya deformasyonlar. Genelde, klasik jeodezik ölçme tekniklerinde yatay ve düşey hareketler ayrı ayrı izlenmektedir. Diğer uzay ve uydu sistemlerinin yanında GPS ile bu tür hareketler üç boyutlu olarak izlenebilmektedir ve istenen doğruluğa ulaşılabilmektedir. Özellikle çok büyük alanlarda bilinen klasik jeodezik yöntemlerle deformasyonları izlemek olası değildir denilebilir. GPS'de ölçmeler tamamen hava koşullarından bağımsız ve aynı zamanda klasik ölçmedeki noktaların birbirini görmesi koşulu GPS'de tamamen ortadan kalkmaktadır.

Burada problem, oluşturulan deformasyon ağının hangi referans elipsoidine göre alınmasıdır. GPS hesaplamalarında elde edilen koordinatlar WGS84 referans elipsoidi üzerindedir; fakat bunlar mutlak koordinatlar değil noktaların birbirlerine göre relatif koordinatlarıdır. Eğer deformasyon alanı mühendislik deformasyon alanları (barajlar, inşaatlar, demiryolları, vs.) gibi küçük bir alanı kapsıyorsa o yöreye ait yine GPS ölçmeleriyle özel bir referans sistemi belirlenebilir. Bunun dışında, eğer deformasyon ağı ülke nirengi ağına veya başka herhangi bir ağa bağlanmak isteniyor, iki sistem arasındaki dönüşüm (1 ölçek (k), 3 öteleme (X_0, Y_0, Z_0) , ve 3 dönme (R_x, R_y, R_z) parametrelerini hesaplayabilmek için yeterli sayıda iki sistemde de ortak noktaların olması gerekir. Yedi parametrelilik benzerlik dönüşümü için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} X_{(yerel)} \\ Y_{(yerel)} \\ Z_{(yerel)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + k \begin{bmatrix} 1 & R_z & -R_y \\ -R_z & 1 & R_x \\ R_y & -R_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{(WGS84)} \\ Y_{(WGS84)} \\ Z_{(WGS84)} \end{bmatrix}$$

Genelde tüm referans sistemlerinin X eksenini ekvator düzlemiyle ortalama Greenwich meridyeninin kesim noktasından geçmekte ve z eksenini de Dünya'nın dönme eksenine paralel olacak şekilde belirlenmektedir. Bu nedenle, pratikte dönme parametreleri ihmal edilmektedir. Eğer dönmeler ihmal ediliyorsa yukarıdaki eşitlikte dönme matrisi eşitlikten çıkarılabilir ve bu şekilde geriye sadece dört bilinmeyen kalır.

4.6 Coğrafik Bilgi Sistemleri (CBS)

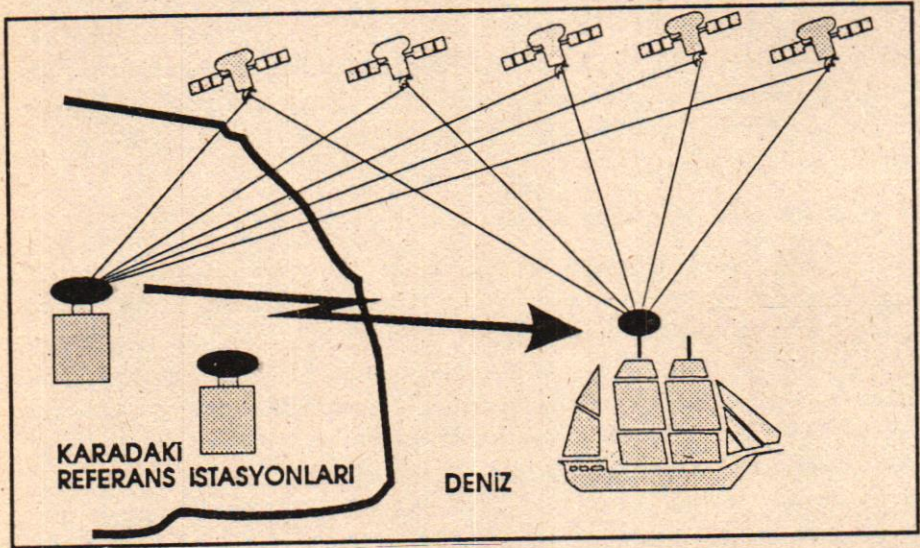
CBS ve GPS çok hızlı gelişen ve değişen iki yeni konu olmaları nedeniyle ileride mutlaka birlikte kullanma alanları olacaktır. Şu anda GPS'in relatif konum belirleme doğruluğu hemen hemen her alan için yeterlidir; fakat nokta konum doğruluğu (100 m) bazı alanlarda çok anlamsız olabilir. CBS uygulamalarında noktaların lokal harita sisteminde koordinatları istenir (Örneğin: Gauss projeksiyonu). Bu iki sistem arasında dönüşüm yapmak kolay bir iş olarak görünmemektedir. Dönüşüm için iki sistemi de iyi kavramış olmak gerekiyor (Cross, 1991b). Genellikle sayısal haritalar, var olan haritaların elle sayısallaştırılmasıyla veya hava fotoğraflarından elde edilir. Bazen bilgisayarlarla eski haritalar kopya edildikten sonra bilgisayarda oluşan görüntüler yarı otomatik yöntemlerle sayısallaştırılır (Mon, 1991). Özellikle elle yapılan haritalardan çok yanlış sonuçlar elde etmek olasıdır. Hava fotogrametrisinden çekilen fotoğraflarda yol kenar çizgileri çok belirgin çıkmazlar. Bu tür sorunları GPS ile çözmek ekonomik ve zaman açısından klasik yöntemlere göre çok daha iyi sonuçlar doğurur.

CBS, bölgesel ve lokal kaynakları coğrafik anlamda bilgisayar destekli olarak düzenleyen bir sistemdir. Tüm harita bilgileri sayısallaştırıldıktan sonra bilgisayara depolanır. CBS için gerekli yer kontrol noktalarının oluşturulmasında

GPS faktörü gözden kaçmamalıdır. Bunun dışında haritaların güncelleştirilmesinde yine GPS'i kullanmak olasıdır. Çok yüksek doğruluk aranmayan işlerde (nokta konumda 100 m) faz ölçmeleri ve relatif konum hesaplamasının yerine uzunluk ölçmeleri (pseudorange) ile nokta konumu belirlenebilir. Uzunluk ölçmelerinin ölçü alındığı durumlarda integer ambiguity sorunu ortadan kalkmaktadır.

4.7 Deniz Ölçmeleri (Offshore)

GPS'in siviller tarafından kullanılmasına izin verilmeden önce denizcilik veya hidrografik ölçmelerde sismik teknikler kullanılmaktaydı. Bu tekniklerden en çok kullanılanı 'yansıma sismik tekniği' idi. Sismik alıcılardan bir tanesi gemide veya denizdeki herhangi bir platformda diğeri ise karada olmaktadır. Son zamanlara kadar sadece iki boyutlu sismik ölçmeler yapılmaktaydı. Günümüzde 3 boyutlu ölçmeler özellikle gaz, petrol vs. gibi araştırmalarda önemli bir konuma gelmiştir. GPS'in yaşama geçmesiyle denizde çalışanlar ve hidrograficiler bu sistemden yararlanmak için harekete geçmişlerdir.



Şekil 5. Denizdeki bir gemide GPS ölçmeleri

Şu anda, GPS denizciler açısından araştırma aşamasında ve hızla gelişen bir teknik olması nedeniyle GPS ölçmelerinin yanında kontrol amacıyla klasik sismik tekniklerde kullanılmaktadır. Örneğin, bir gemiye yerleştirilen GPS anteni karadaki referans noktalarına göre kendi konumunu belirlerken, gemideki başka bir alette karadaki sismik alıcılara radyo sinyalleri göndererek geminin karaya olan uzaklıklarını sürekli ölçer. GPS'in şu anki durumuyla, denizcilere 24 saat boyunca en az 6 uydu gözleme olanağı sunmaktadır. GPS datalarının

hesaplanması için difransiyel GPS (DGPS) tekniği kullanılmaktadır (Cross and Roberts, 1990). Şekil 5'de gemide ve karadaki GPS antenleri uydudan data toplarken görünmektedir. Gemiciler için özel GPS alıcıları kullanılmaktadır. Karadaki referans noktaları gemideki alıcı veya alıcılara difransiyel düzeltme denilen uzunluk düzeltmeleri gönderirler (şekilde okla gösterilmiştir). Bu şekilde gemi kendi konumunu 2-5 metre hatayla sürekli hesaplayabilir. eğer bu datalar bir yere depolanıyorsa, ölçmeden sonra tekrar daha güçlü programlar sayesinde 1-2 metre doğrulukla geminin zamana bağlı konumları hesaplanabilir. Faz ölçmeleri ölçü olarak kullanılıyorsa bu doğruluk santimetre seviyesine ulaşabilir. Bu daha çok deniz dibinde petrol boru hatlarının döşenmesinde kullanılmaktadır.

4.8 Genel Navigasyon Ölçmeleri

Navigasyon dendiği zaman hareketli cisimlerin zamana bağlı olarak konumlarının, izledikleri yolun doğrultusunun veya yönünün belirlenmesi akla gelmektedir. Çok yüksek doğruluk aranmayan uygulamalarda (bu, bir uçağın, denizdeki bir geminin veya karadaki herhangi bir aracın yönünün belirlenmesi olabilir) GPS'de uzunluk ölçmeleri ölçü olarak alınabilir. Eğer yüksek doğruluk (santimetre seviyesinde) aranıyorsa önceki bölümlerde anlatılan difransiyel GPS ölçme ve hesaplama tekniği kullanılabilir. Referans noktaları ile gemi veya uçak gibi hareket halindeki cisimler arasında data alış-verişleri bir radyo kanalı veya telefonla yapılabilir.

Özellikle büyük şehirlerde; yangın, trafik vs. gibi kurtarma ekiplerine, kendilerine önceden yön ve doğrultu verildiği takdirde, kendi konumlarını GPS ile sürekli kontrol etme olanağı doğar ve bu şekilde olay yerine çok daha hızlı bir şekilde varmaları olasıdır. Aynı örnek denizde batmakta olan bir gemi veya havada arızalanan bir uçağı kurtarma ekipleri için de verilebilir.

5.0 NEWCASTLE ÜNİVERSİTESİ ÖLÇME BÖLÜMÜNÜN GPS İLE İLGİLİ PROJELERİ

- Deformasyonların izlenmesi amacıyla yönelik, Avrupa Topluluğu'na bağlı bir bilim kurumu tarafından desteklenen 75 noktalı Yunanistan GPS projesinin yürütücülüğü bölüm tarafından yapılmaktadır. İlk iki periyod ölçmeler 1989 ve 1991'de yapılmış, üçüncü periyod ölçmeleri 1993'de yapılacaktır.
- İngiltere Bilim ve Mühendislik Kurumu'nun (SER) finanse ettiği, GPS ve fotogrametri ile deformasyonların belirlenmesi projesinin yürücüsü yine bölüm üstlenmektedir.
- Açık maden işletmelerinde GPS'in kullanılması projesini, İngiliz SER ve Kömür şirketi finanse etmektedir.

- Hidrografik ve sismik ölçmelerde GPS'in kullanılması projesini İngiliz petrol şirketi Shell desteklemektedir.
- Avrupa Topluluğu tarafından finanse edilen, prezisyonlu yükseklik belirlemelerinde GPS ve ERS-1 (European remote-sensing satellite: Avrupa uzaktan algılama uydusu) sistemlerinin birlikte kullanılması projesi bölüm tarafından gerçekleştirilmektedir.

Yukarıdakiler dışında daha küçük boyutta bir çok GPS projesi bulunmaktadır.

Newcastle Üniversitesi'nde jeodezinin değişik konularında toplam 16 öğrenci doktora, 6 öğrenci araştırmalı yüksek lisans, ölçmenin değişik dallarında ise 12 öğrenci doktora ve yüksek lisans yapmaktadır. Jeodezi'deki tüm öğrencilerin doktora ve yüksek lisans yürütücüsü, Bilim Fakültesi (Science faculty, University of Newcastle upon Tyne) Dekanı Prof. Paul ACROSS'dur.

6.0 SONUÇ

Bu makalede, uydu/uzay sistemlerinden sadece bir tanesi olan, uygulamada en çok kullanılan ve kullanılabilen GPS'un modern ölçmede uygulamaları Newcastle Üniversitesi'nde gerçek yaşamdan alınarak anlatılmaya çalışılmıştır. Burada anlatılan uygulama alanları GPS'in sadece bir bölümünü oluşturmaktadır. GPS aynı zamanda VLBI (very long Baseline interferometry), SLR (satellite laser ranging) ve LLR (lunar laser ranging) sistemleriyle birlikte Dünya dönme ekseninin parametrelerinin hesaplanmasında ve gravite modellerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır.

GPS ölçmelerinde şu anda santimetre doğrulukta çalışmalar için ölçü olarak faz, hesaplama yöntemi olarak da simultane ölçülen noktalar arasındaki relatif konum belirleme tekniği kullanılmaktadır. Santimetre doğruluk aranmayan alanlarda ise ölçü, uyduya yapılan uzunluk ölçmeleridir ve iki tür hesaplama yöntemi vardır; birincisi, sadece nokta konumu aranıyorsa (yaklaşık 100m doğrulukla) direkt alıcıdan uyduya uzunluk düzeltme denklemleri oluşturulup dengelemeye girilir, ikincisi ise desimetre doğruluk aranan uygulamalarda fazdaki hesaplama tekniği gibi referans noktalarına göre relatif düzeltme denklemleri ile dengelemeye girilir. Yüksek doğruluk isteyen uygulamalarda GPS uydularının, ölçme anında uydu yörüngesi ile ilgili gönderdiği bilgiler (uydunun kepler elemanları, vs.) kullanılmamaktadır. Bunun nedeni ise, bu bilgilerdeki uydunun koordinatlarının yaklaşık 100-200 metre hatalı olarak verilmesidir. Broadcast efemerid olarak bilinen bu bilgiler yerine prezisyonlu efemeridler (preciseephemeriz) kullanılmaktadır. Arazide elde edilen ölçülerden de sadece ölçme süresine karşılık gelen uydu yörüngeleri hesaplanabilir. Bu, yüksek doğruluk isteyen uygulamalarda, literatürde 'güvenilir ağ' (fiducial network) olarak bilinen GPS ağları ile yapılır.

KAYNAKÇA

- Bordley,R., Christie, R., dodson, A., Gerrard, S. (1989). *Taking the spirit out of levelling*, Land and Mining Surveyt, November, V.7, 526-534.
- Chen,R. (1991). *Reports of the Finnish Geodetic Institute On The Horizontal Grustal Deformations In Finland*, Helsinki.
- Cross,P.A. (1991a). *The Impact Of GPS Technology On Surveyingand Mapping*, 4'the South East Asian survey Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, June 3-7. p15-1/p15-13.
- Cross,P.A. (1991b). *GPS for GISs (Geographic Information System)*, Mapping Awereness and GIS Europe V.5 No. 10, December, 30-34
- Cross,P.A. and Roberts, W.D.S. (1990). Differential offshore positioning using Block II GPS satellites. *Proceedings of HYDRO90*, Üniversity of southampton, paper 1710 pages.
- Cross,P.A. and Roberts, W.D.S. (1992). GPS techniques for precise real-time offshore positioning. *Proceedings of International Workshop on Global Positioning Systems in Geosciences*, China, Crete (in press).
- Grenway,J. (1991). *Uses Of Kinematic GPS For Surveying*. UKGA-15 (United Kingdom Geophysical Assembly), 4 April.
- Johansson,J.M. (1992). *A Study of Precise Position Measurements Using Space Geodetic Systems*, Technical Report No. 229, School Of Electrical And Computer Engineering, Chalmers University Of Technology, Goteborg, Sweden.
- Kleusberg,A. (1990). *A Review Of Kinematic Positioning And Surveying With GPS*, GPS'90, September 3-7, Ottawa, Ontario, Canada.
- Michael A. Duffy (1991). GPS and the Cadastral Survey, *GPS World*, May 1991, 38-41
- Nom Appleby (1991) Digital Road mapping with GPS and GIS, *GPS World*. May 1991.
- Remondi, B. (1985) *Performing centimeter accuracy relative surveys in second usin GPS carrier phase*. Proceeding 1'st International Symposium on Precise positioninig with GPS, rockville, MD, 15-19 April, 789-797.
- Roberts, W.D.S. and Cross, P.A. (1993). The effect of GPS temporal corcelation within the Kalman filter applied to offshore positioninig. *Hydrographic Journal*, No.67, 5-11.
- Sahin,M., Cross,P.A. and Sellers,P.C. (1993). *Variance component estimation applied to satellite laser ranging*, Bulletin Geodesique, V.66:3,284-295.

Sahin,M., Rands, P.N. and Cross,P.A. (1993) *Crustal Dynamics in Turkeyefrom the WEGENER/MEDLAS satellite laser ranging data*, The Journal Of Geology dergisinin Şubat veya Mart sayılarında basılacak.

Tan,C.K.F., and Lunnay, C.W. (1991). *Relative Kinematic GPS Surveying*, 4'th South East Assian Survey Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, June 3-7. p21-1/p21-9.

BİLDİRİNİN TARTIŞMASI

OTURUM BAŞKANI- Sayın Cross'a ve tercüme nedeniyle Sayın şahin'e biz de teşekkür ediyoruz.

Sayın Emin Ayhan bir şaka yaptı sandık, Sayın Cross da onu yüzde 99 oranında onaylamış oldu. Onun ötesinde de bizi çok ilginç bir geziye çıkardı kendileri GPS uygulamalarıyla ilgili olarak. Umuyorum sizler de bu sonucu ilgiyle izlediniz. Yani biz bir taraftan kendi sorunlarımızı tanıyoruz sektörden, bir taraftan da böylesine yönelimler var. Bu ikisinin arasında nerede bir denge yakalarız; onu da bilemiyoruz, kestiremiyoruz tabii şu anda. Ama, bütün dileğimiz ve umudumuz, bu olanakların, bu çağdaş teknolojinin bizim ülkemizde de Sayın Cross'un çizdiği genişlikte uygulama olanakları bulmasıdır, bunun önündeki engellerin kaldırılmasıdır, bu olanakların kullanıcılara verilmesidir.

Sanıyorum, çok önemli bir konu. Bu konu, bu GPS konusu bizim haritacılığın felsefesini değiştiren bir konu. Bunun öneminin bu anlamda farkında olmak zorundayız biz. Haritacılığın temel ölçme felsefesinde ancak birbirini gören noktaları arasında ölçü yapma olanağı vardı. Oysa, GPS böylesine bir felsefi noktayı ortadan kaldırdı, öylesine bir zorunluluğu ortadan kaldırdı. Bunlar çok ciddi dönüşümler. Bunları bu ciddilikte yakalamak ve kavramak zorundayız.

Sanıyorum birçok soru yönelteceksiniz Sayın Cross'a. Zaman konusunda bir sorunumuz yok, dilediğiniz soruları yöneltebilirsiniz, söz sırası sizin. Buyurun.

MEHMET DOĞAN- Efendim, ben özellikle GPS uygulamalarının kadastro ölçmelerinde kullanılması hakkında detay bilgi istiyorum eğer verebilirlerse. Bir de, yine GPS'in özellikle şehirlerde, meskûn sahalarda uygulanma imkanı var mıdır? Bu konuda alınan sonuçlar var mıdır? Bunları öğrenmek istiyorum.

OTURUM BAŞKANI- Değerli meslektaşlar, bu Azerbaycan'dan gelen meslektaşımızın dağıtmış olduğu haritaları elinde tutan meslektaşlarımız, lütfen arkadaşımıza teslim etsinler bu arada.

MUHAMMED ŞAHİN- Evet, Avustralya'da da kullanıldığını gösteriyor. Detay noktalarda tabii ki mümkün. Hoca şimdi, şeye girmedi, bir önceki arkadaşımız kinematik ölçmeleri anlattı, fazla detaya girmedi. Tabii ki

yapılabilir. Yani, 1-2 santimetre olabilir. Tabii ki yaptığın yerdeki verdiğin emeğe bağlı GPS'teki aradağın doğruluk.

BİR KATILIMCI- Yani, kadastral amaçlarla ayrıntı noktaların ölçümünde kullanılabilir mi? Nasıl kullanılabilir, örnekleri var mı diğer ülkelerde?

PAUL. A. CROSS- Büyükşehirlerde sorun, esas sorun GPS'le uzayı görebilmek, uyduları görebilmek. Büyükşehirlerdeki sorun binaların çok yüksek olması, işte GPS'in giremeyeceği yerlerden bir tanesi de oralar. Benim inancım, GPS bazı şehirlerde kullanılamayacak; çünkü yeterli değildir.

Teknik olarak tabii ki çözümü mümkündür; fakat, bekleyeceksin, uydu sizin bulunduğunuz sokakta, belli bir yüksekliğe çıkana kadar. Bu da tabii ekonomik açıdan yarar sağlamaz. Aynı problemi yine dağlarda görebilirsiniz, ormanlarda da. Bu, Türkiye için çok az, umarım çok azdır böyle problemlili olan yerler Türkiye'de.

SÜLEYMAN FIRAT- Bu GPS çok mükemmel dediler, hiçbir mahzuru yok mudur bunun? Ya ışığında bir mahzuru var, ya maliyet açısından. Maliyet açısından da tamam; ama, başka bir mahzuru olması lazım bu kadar mükemmel bir şeyin. Hiç mahzurunu anlatmadı, bir de onu öğrenmek istedim.

PAUL A. CROS- Şu anda bir çok kişiler için problem paradır, maliyetidir. Bu, yakın gelecekte değişecektir. Son 5 yıl içerisinde çift frekanslı GPS alıcıları üçte bir oranında düşmüştür. Çözüm sizsiniz, ne kadar fazla alırsanız o kadar ucuzlayacaktır.

OTURUM BAŞKANI- Evet, Yüksel Altuner.

YÜKSEL ALTUNER- Efendim, ben daha önce sorulan bir soruya kısa yanıt vermek istiyorum; kadastro alanında sorulmuştu bu soru. GPS, özellikle kadastro alanında çok kullanılması gereken ve gelecekte kullanılmak zorunda kalınacak bir ölçü aletidir. Nedeni? Mesela, evler yapılmış noktalar arası görülüyor. GPS'in özelliği de zaten bu. Noktalar arasında görüntününün olmasına gerek yoktur. Mesela, bir nehir var, nehirin etrafı ağaçlandırılmış. Siz elektronik uzunluk ölçerlerle bir ölçü yapabilmek için ağaçları kesmek zorundasınız. Fakat, GPS'le 2 saatlik bir ölçü yaparsanız, hem ekonomik olarak bu işi daha çabuk bitirmiş olursunuz, hem de ağaçları gereksiz yere kesmiş bulunursunuz.

Ben şimdi soru bölümüne geçiyorum, ki bu mesela, poligon ölçülerinde, kadastro ölçülerinde Avrupa'da özellikle çok kullanılmaktadır, yani çok yaygın bir şeydir. Benim sorum, GPS'in özellikle bu, Sayın Cross SLR konusunda da tanınan bir uzman olduğu için, GPS ile bu lazer uzunluk ölçüleri arasındaki hassasiyet farkı, özellikle deformasyon konusunda kendini nasıl gösteriyor, o konuda bir soru sormak istemişim.

MUHAMMED ŞAHİN- İnanmayacaksınız, iki haftadır Hocanın çalışmalarını bu hazırladığı şeyleri kendim yapmaya çalıştım tek başıma, çok uykusuzum, yorgunum da.

OTURUM BAŞKANI- Bu konuda çok önemli tartışmalar olduğu için Hoca sadece kendi görüşünü size bildirecek. Onun için, "Bu tartışma halen devam etmektedir" dedi. Ayrıca Muhammed'in dediklerine ben de katılıyorum.

PAUL A. CROSS- Bir çok jeodezist şu anda inanıyor ki, SLR bitmiştir. SLR'in bittiğine inanan jeodeziciler vardır; fakat benim inancım, SLR bitmemiştir, 1000 kilometreye kadar, özellikle kıtalararası hareketleri izlemede SLR rolünü oynamaya devam edecektir. (Özellikle kontrol noktalarının, GPS'in, Orbit'in -şimdi Hocanın dışına çıkıyorum- GPS orbitlerini iyileştirme-de, kontrol noktalarının doğruluğu önemli.)

Şimdi, GPS'de bir de güvenilir ağ, güvenilir noktalar, İngilizcesi "Fudition" notlara; bu güvenilir noktalar sayesinde GPS uydusu orbitleri iyileştiriliyor. SLR ile koordinat sisteminin merkezi, dünyanın merkeziyle çakışacak şekilde. Şimdi, onun Türkçesini çeviremiyorum, "earth", yer koordinat sistemi....

OTURUM BAŞKANI- Bu çeviri dayanışması için de teşekkür ediyorum ayrıca. Evet, başka soru var mı?..

ALİ DÖNMEZ- Şimdi, GPS iki şekilde kullanılıyor benim anladığım; birinci şekil tek başına. Tek başına kullanılınca, biraz önceki konuşmacı arkadaş, yani daha hassas GPS aleti işte NATO'da vardı, diğer aletler işte 100 metre civarında diyor, aşağıdaki arkadaşlar 20 metre civarında kordinat verdiğini söylüyor. Şimdi gelelim, eğer 100 metre civarındaysa da zaten, orayı biliyordum eğer, bombalama için yeterlidir yani.

İkinci şekil, konum belirlerken tek aletle yapıyor, iki aletle mesafe ve kod farkı ölçülüyor, benim burada izlediğim kadarıyla. Yani, burada azimut konusuna değinilmedi, eğer azimut bilinmiyorsa, bunun koordinatı bilinemez. Bu nasıl ölçülüyor? Acaba, ikinci nokta uydusu mu alınıyor, yoksa başka bir şey mi? Bunu öğrenmek istedim.

MUHAMMED ŞAHİN- GPS'deki koordinatlar WGS-84 elipsoid üzerinde yapılıyor, veriliyor.

ALİ DÖNMEZ- Soru zannedersem eksik oldu. Mesafe ve kod farkı ölçülürken, sağlam bir dayanağıyla kod ve koordinatı belli bir noktadan hareket ediliyor. Yani, bu kod koordinatını belirli noktadan hareket ederken mesafe kod farkı var; ama, üçüncü noktanın, öbür noktanın hareketli noktanın koordinatını belirlemek için azimut dediğimiz ölçü gerekir, bunu nasıl sağlıyor. Onu öğrenmek istedim.

MUHAMMED ŞAHİN- İkinci noktanın koordinatını belirlemek için, zaten alet size belirliyor o işi, sizin için yapıyor. İkinci noktanın azimutunun belirlenmesine gerek yok.

OTURUM BAŞKANI- Bir açıklamaya gerek var mı? Yüksel Altuner bu konuda bir açıklama yapsın. Başka soru sormak isteyen var mı bu arada?.. Gerilerden bir arkadaşımız var. Başka?.. Buradan bir soru var.

PAUL A. CROSS- GPS size iki nokta arasındaki X, Y, Z koordinatlardaki farkları veriyor. Elinizdeki X, Y, Z koordinatlardaki farklar varsa, hesap makineniz de varsa, hesaplayabilirsiniz azimutu.

YÜKSEL ALTUNER- Efendim, kusura bakmayın, tekrar karşınıza çıkmak sorunluluğunda kaldım. Fakat, kanımca bir yanlış anlaşılma var. Burada Sayın Kınık'ın anlatmak istediği iki ayrı, birisi kod ölçüleri dediğimiz sir sinyal gönderiliyor uydudan, bu uydunun alıcıya geliş süresiyle ilgili bir olay. Yani, orada kod ölçüsüyle hesap yaparsanız, 1 ile 15 metre hassasiyetinde bir incelelik elde ediyorsunuz. Sizin dediğiniz 100 metre, bu cep ölçüleri için, yani cep alıcıları. Bunların fiyatı zaten diyelim ki 1000-2000 dolar. Ama, siz bir kadastro alanında 1 santimetre, 5 santimetre hassasiyetinde bir ölçü yapmak istiyorsunuz. Bunun için bir cep GPS'i ile çalışamazsınız. Size bir iki frekanslı bir alıcı lazım. O sizin gördüğünüz cep alıcıları tek frekanslıdır. Tek frekanslı olduğu zaman, uydudan gönderilen sinyal yeryüzüne ulaşılmaya kadar yaklaşık 20 bin kilometrelik bir yükseklikten geçme ve burada da bir çok kırılmalara uğrayacaktır. Bunlardan birisi iyonosfer hatası dediğimiz hata ki, bu hatanın elimine edilmesi için sizin en azından 2 frekanslı bir alıcıya sahip olmanız lazım. Dolayısıyla, bundan sonra santimetre hassasiyetinde bir netice elde edebilirsiniz. Yani, bu, diğer burada bahsedilen olaylar santimetre hassasiyetinde, bunlar faz ölçülerinin değerlendirilmesi, yani siz bir ölçü yaptığımızda bir kod ölçüsü yapıyorsunuz, aynı zamanda da faz ölçüsü yapıyorsunuz. Siz diyorsanız ki, bu binanın yaklaşık 20-30 metre nerede olduğunu bilmek istiyorum; kod ölçüsü gereklidir size, yeterlidir. Ama, diyorsanız ki, "Ben iki nokta arasındaki uzaklığın bilinmesini istiyorum." O zaman faz ölçülerini değerlendirirsiniz. Sistem nerede, bilmem ne konusuna gelince; siz bir noktaya referans noktası olarak sabit tutuyorsunuz; yani diyorsunuz ki, ben bu noktanın koordinatlarını biliyorum, ikinci noktanın koordinatları bana gerekli. Bu bir noktanın koordinatlarını bildiğiniz için, faz ölçüleri yardımıyla, eğer ki kenarımız 10 kilometre uzaklıktaysa, 1 santimetrenin altında hassasiyetle sonuç elde edebiliyorsunuz.

OTURUM BAŞKANI- Teşekkür ederim açıklamalarınız için.

MUHAMMED ŞAHİN- Şimdi, GPS metotlarını biz göstermemiştik, bir önceki konuşmacı söylemişti. Burada 4 tancisini gösterdik biz, 2 tane statik durum-

da duran GPS antenleri var, alıcıları var, sabit durumda duruyor birkaç saat relatif konum belirliyorsunuz.

İkincisinde ise, bir GPS alıcısı statik durumda duruyor, diğer alıcı hareketli ve her bir noktada, diyelim 1 dakika maksimum, 1 dakika bekliyorsunuz ve daireyi tamamlıyorsunuz.

Üçüncüsü, "pscudo" kinematik, ikincisiyle aynı; fakat, her bir noktada 2 defa data topluyorsunuz. Bir daire çiziyorsunuz, diyelim 1 saat sonra tekrar başlıyorsunuz aynı noktadan, ikinci bir daireyi çiziyorsunuz. Buradaki amaç, aynı nokta için uyduların değişik geometrik konumlarında iki data toplamak. Yine süre aynı, 1 dakikadan çok az, 5-10 saniye de olabilir. Ve bunlar da doğruluk santimetredir, birkaç santimetredir bu yöntemlerde. Sonucusu da şu ikisine benziyor; fakat, orada artık noktanın başına gelmenize gerek yok. Kinematikde zamana bağlı konum, esas kinematiğin içine girmektedir, zamana bağlı olarak kendi konumunu hesaplayabiliyorsunuz. Bunu da Yüksel bey açıkladı, uzaklık ölçmeleri ile veya faz ölçmeleri ile yapabilirsiniz. Ve diferansiyel GPS'den bahsetti profesör Cross. Bir uçaktaki GPS anteninin koordinatları bir metre doğrulukla hesaplayabiliyorsunuz yer referans istasyonlarına göre. Tabii ki oradaki uçak çok hızlı hareket ediyor. Bir de yer referans istasyonundaki alet, diferansiyel düzeltmeyi çok hızlı bir şekilde uçaktaki antene veya navigasyon amaçlıya uçaktaki antene, navigasyon amaçlı değilse, bu dataları alıyorsunuz ve burada değerlendirmesini yapabiliyorsunuz. Ama, navigasyon amaçlıysa, bu dataları işte diferansiyel düzeltmeleri uçaktaki antene gönderen çok iyi bir sisteminiz olması lazım. Bunlar normal telefon da olabilir, uydular olabilir, haberleşme uyduları. Bu kadar benim diyeceğim.

OTURUM BAŞKANI- Peki, teşekkürler. Bu tartışmayı sürdürüyoruz; çünkü bu konunun bizlerde bir tortu bırakmasını ben özellikle arzuladığım için, sizin de hoşgörünüze, özellikle Sayın Mehmet Doğan'ın hoşgörüsüne sığınarak son konuşmacı olarak, iki soru var onları da alalım, açıklamalar gerekebilir, onları da aldıktan sonra bu oturumu kapatalım istiyorum. Çünkü, önemli, geleceğimizi belirleyecek bir konu bu. Bu taraftan bir arkadaşımız vardı, buyurun.

MUHAMMED ŞAHİN- Sorularınızı ayrıca yazılı olarak -adresimiz belli- yazabilirsiniz.

İSMAİL TAŞKIRAN- Bu uydu iletişim sistemi sadece Amerika Birleşik Devletleri tarafından mı geliştirildi, başka ülkeler uydu gönderecekler mi, eğer gönderirlerse uydu algılama konusunda bir kargaşa olur mu, elimizdeki alıcılar başka uydulardan etkilenir mi? Dolayısıyla, bu rekabet ortamı doğabilir ileride GPS konusunda, onu merak ettim.

OTURUM BAŞKANI- O konuda ilk konuşmayı yapan meslektaşlarımız da söylemişlerdi, eski Sovyetler Birliğinde de bu konuda sistem olduğunu belirt-

mişlerdi. Sizin sorunuzu da alalım, soruları toparlayalım, sonru toptan bir yanıt verilsin. Siz de mi bir soru yöneltmek istiyorsunuz?..

HÜSEYİN ÖZÇİM- Yer kontrol noktalarında aranılan koşullarda GPS'le çalışılırken başka eklenecek kurallar var mıdır, örneğin manyetik alanlardan etkilenmesi söz konusu mudur?

OTURUM BAŞKANI- Teşekkürler. Siz de buyurun.

FEVZİ ŞENTÜFEKÇİ- GPS'le uzaktan algılamanın bağlantısı kurulabilir mi ya da benzerlikleri var mıdır? Uzaktan algılamada konum durumu, GPS hassasiyetine gelebilir mi, teknik açıdan buna imkân var mı? Onu öğrenmek istiyorum.

OTURUM BAŞKANI- Teşekkürler. Son soruyu da ben yöneltmek istiyorum. Hep kafamızda oluşan bir kaygı oldu, Onur hocamızın o vurucu yaklaşımıyla, anahtar kapatılırsa ne olacak? Yani, bu bir kuşku yaratmış olabilir bizim beyinlerimizde. Sayın Ayhan da, Sayın Crosss da bu konuda dileklerini dile getirdiler. Yani, "Böyle bir şeyin olacağını sanmıyoruz ileride" dediler. Bunu sanmaktan, dilemekten öteye götürmek için Uluslararası Harita Mühendisleri Federasyonlarının örgütlü bir biçimde Amerika Birleşik Devletleri'ni bu konuda bir anlaşma yapmaya zorlamaları olanaklı olamaz mı? Bunu da ben son bir soru olarak yöneltmek istiyorum. Şimdi siz onların hepsini topluca yöpeltirseniz Sayın cross'a, o da bize topluca yanıt versin.

PAUL A. CROSS- Birçok soru var; sadece kişisel görüşlerimi söyle-yebilirim. İnanıyorum ki, şu anda veya ileride gelecek diğer sistemlerin bir kargaşa yaratacağına. Bazı haberleşme firmaları GPS uydularına benzeyen uydular üretmeye başlamışlardır. Bu belki, az önce anlattığım gibi diferansiyel düzeltmeler için kullanılabilir. Şu anda GPS ve Glonas uydularını (Glonas Rusya'nın, aynı GPS'le eşdeğer olan bir konum belirleme sistemi; ondan da 24 tane olacak tanımlandığı zaman) ikisini bir arada, aynı anda data toplayabilen GPS alıcıları var.

Belki ileride Birleşmiş Millet gibi, belki Birleşmiş Milletlerin denetimi altında bu sistemleri kontrol eden tek bir birim kurulabilir. Vergi ödeyen Amerikan halkı, bunun için 14 milyar dolar ödüyor.

Diğer bir soru, "Manyetik alanlardan GPS'in etkilenip etkilenmediği" idi. Manyetik sinyallerden etkilendiğini şu ana kadar duymadım; fakat kişiler tarafından yapılan sinyaller etkileyebilir. Esas problem; şimdi GPS uydusundan bir sinyal geliyor, alıcıya gelmesi gerekiyor direkt olarak. Bu sinyal alıcıya gelmeyebilir, başka bir yere yansır ve yansıdıktan sonra GPS alıcısına gelebilir. Esas sorun bu. Eğer birkaç dakika ölçme yaparsınız bu hata yok olabilir. Eğer kinematik modda çalışıyorsanız.. (Az önce muhtipas'ı açıklamaya çalıştım, fakat tam Türkçesini bilmiyorum..)

MUHAMMED ŞAHİN- Yansıyan dalgalar...

PAUL A. CROS- Önce gösterdiğim uçak resminde bu yansıyan dalgalarla ilgili çalışmalarımız var. Maksimum etkisi 6 milimetre. Eğer "pscudorange" ölçmeleri kullanıyorsanız, etki daha da büyüyor. Eğer "Pscudorange" ölçüyorsanız birkaç metreye kadar hata yapma olanağımız var.

Diğer soru, uzaktan algılama sorusu. GPS ve uzaktan algılama, ikisi bir bütündür, birbirlerine yardım ediyorlar. Uzaktan algılama için gerekli kontrol noktalarının oluşturulmasında GPS'si kullanabilirsiniz çok yüksek doğrulukta; fakat şu andaki uzaktan algılamanın verdiği doğruyu GPS veremiyor. Uzaktan algılama haritalama sistemidir; navigasyon problemlerini çözemiyor GPS'in çözdüğü gibi. Uzaktan algılama dediğimiz zaman, uyduların içine girdiği uzaktan algılama olarak algılıyorum. Remosansing, birkaç metreye kadar haritada doğruluğa ulaşıyor.

OTURUM BAŞKANI- Evet, sanıyorum tüm sorulara belli oranlarda da olsa açıklamalar geldi. Biz, hem konuşmacıyı, hem çevirmeni daha fazla yormak için bu görüşmeleri burada keselim. Özel sorusu olan meslektaşlarımız, ayrıca da kendisine yöneltilirler.

Biz, Sayın Cross'a ta İngiltere'den kalkıp geldiği için ve bize böylesine ilginç bir sunuş yaptığı için, Muhammed Şahin'e de bu çeviri çalışması için çok teşekkür ediyoruz.