

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ İÇİN DİFERANSİYEL GPS (DGPS) YÖNTEMİ İLE VERİ TOPLAMA

Vasfi DÜNDAR
Ali ERDİ

ÖZET

Bilindiği gibi Coğrafi Bilgi Sisteminin çekirdeğini Coğrafi Veri Tabanı(CVT) oluşturur. Veriler ne kadar doğru, güncel ve hızlı toplanırsa, CBS o derece sağlam temellere oturtulmuş olur. Diferansiyel GPS (DGPS) yöntemi ise GPS/CBS amaçlı uygulamalarda güncel, hızlı, doğru ve güvenilir bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yazıda; CBS için veri toplama yöntemleri, DGPS uygulamasının genel prensipleri ve CBS için DGPS yöntemi ile veri toplama konusu açıklanmıştır.

ABSTRACT

As it is well known, the geographical data bases constitute the core of GIS. The more the data is collected accurately, up to date and fast, the more the GIS will be constructed on stable base. At this point DGPS comes to our view as an accurate, up to date, fast and reliable system used in GPS/GIS based applications. In this study, data collection methods for GIS, the basic principles of DGPS applications and data collections for GIS using DGPS are explained.

1. GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS) uygulamalarının geniş bir alana yayılması, sayısal coğrafi verilere olan yoğun bir talep artışını da beraberinde getirmektedir. Coğrafi bilgi sistemi projelerinin maliyet ve zaman yönünden en çok haracamalara malolan, bu arada dış dünyadaki çok çeşitli materyale ve belli ölçülerde insan eli ile yapılan işlemlere bağlı olan bölümü coğrafi verilerin toplanmasıdır.

Veri toplamanın maliyeti dikkate alındığında , çok miktarda insan emeği kullanımı nedeniyle, veri toplama için yapılan hizmet harcamalarının 4 temel fonksiyona (verilerin depolanması, işlenmesi, analizi ve gösterilmesi) yönelik hizmet harcamalarına göre çok daha fazla olduğu, hatta CBS için gerekli donanım ve yazılım harcamalarından bile fazla olduğu görülür. Birçok uygulama için mevcut kaynak belgelerin tam anlamıyla sayısal veri haline getirilmesinin maliyeti , donanım ve yazılım maliyetlerinin 4-5 katını bulmaktadır.

Bilindiği gibi klasik haritalarda çok sayıda öznitelik verisi gösterebilmek için sembolleştirme olanakları sınırlıdır. Bu nedenle klasik haritalar üzerinde ancak sınırlı sayıda öznitelik gösterilebilmektedir. Diğer taraftan öznitelik bilgilerinin hava fotoğraflarından toplanması da bu fotoğrafların yorumlanmasındaki zorluklar nedeniyle sınırlıdır. Bu nedenle öznitelik verilerinin çoğunun arazide toplanması gerekir. Araziden doğrudan konum verisi ve detaylara ait öznitelik bilgilerinin toplanarak CBS ye aktarmada kullanılabilecek iki olanak mevcuttur. Bunlar Total Station ve DGPS' dir /9/.

Bir GPS alıcısı ile bir yeryüzü noktasında mutlak konum belirlemenin (X, Y, Z) doğruluğu, atmosferik etkiler ve sistemden kaynaklanan hatalar nedeniyle oldukça düşüktür. GPS 'in uygulamalarından birisi olan Diferansiyel GPS ise; GPS sisteminde mevcut olan hataların, koordinatları çok iyi bilinen bir noktada sürekli işletilen bir ana alıcı yardımıyla azaltılması düşüncesine dayanır. Referans noktasında hesaplanan düzeltmeleri alabilecek donanımına sahip gezici DGPS alıcılarının koordinatları, DGPS yöntemiyle daha yüksek duyarlılıkla belirlenmiş olur. Kod ölçüleri kullanıldığı zaman doğruluk 1-5 metre, faz ölçüleri kullanıldığında ise cm seviyesindedir.

Coğrafi Bilgi Sisteminde, geniş bir alana yayılmış olan detayların konumlarının anında yüksek doğrulukla belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bundan dolayı Diferansiyel GPS, CBS uygulamalarında kullanılabilecek bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada coğrafi veri toplama yöntemlerinden olan DGPS yöntemi ile veri toplama konusu anlatılmıştır. İkinci bölümde Coğrafi Bilgi Sistemi ile ilgili bilgi verilmiş ve coğrafi veri toplama yöntemlerinden bahsedilmiştir. GPS ve DGPS hakkında genel bilgi ve DGPS uygulama alanları üçüncü bölümde verilmiştir. Dördüncü bölümde CBS için DGPS yöntemi ile veri toplama konusu, uygulamada kullanılan donanım ve yazılımlar ile uygulama sonuçları anlatılmış, sonuç ve öneriler ise beşinci bölümde sunulmuştur.

2. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE COĞRAFİ VERİ TOPLAMA YÖNTEMLERİ

Coğrafi bilgi sistemleri; temelde bir bilgi sistemidir. Bilgi sistemleri genel olarak “ bilgi elde etmek için , verileri önceden belirlenmemiş biçimlerde anlık yöntemlerle kullanılmak üzere saklayan bir sistem ” biçiminde tanımlanmaktadır. Böylesi bir bilgi sistemi ifadesi bir uygulamayı, kullanılan veri dosyalarını ve bu sistemi çalıştırmak için kullanılan bilgi teknolojilerini içerir.

Coğrafi bilgi sistemleri ise; coğrafi nesnelere ait grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, doğrulanması , depolanması, bu verilerin veri tabanı işlemleri, sorgulamalar, dönüşümler ve coğrafi analizler ile coğrafi veri ve bilgilerin gösterimi için kullanılan donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşan bir organizasyondur. CBS sadece grafik ve grafik olmayan verilerin toplanarak depolandığı ve sadece basit işlemlerden sonra sunulduğu bir platform değil, aksine veriyi coğrafi analizler ile bilgiye dönüştüren üretken bir platformdur.

Coğrafi veriler; somut veya soyut varlıkların konumu, biçimi, diğer varlıklarla olan topolojik ilişkilerine dair bilgiler ve konuma bağlı olmayan öznitelik bilgileridir. Coğrafi veri toplama yöntemleri kabul edebildiği kaynak materyal cinsine, kaynak materyali bilgisayarca okunabilir ortama dönüştürme teknolojilerine ve sonuçta ürettikleri veri yapısına göre farklılık gösterirler. Coğrafi veri toplama yöntemlerini iki grupta toplamak mümkün olup bunlar;

a. Temel Veri Toplama Yöntemleri

- Uzaktan Algılama
- Fotogrametrik Yöntemler
- Coğrafi Verilerin Doğrudan Arazide Toplanması

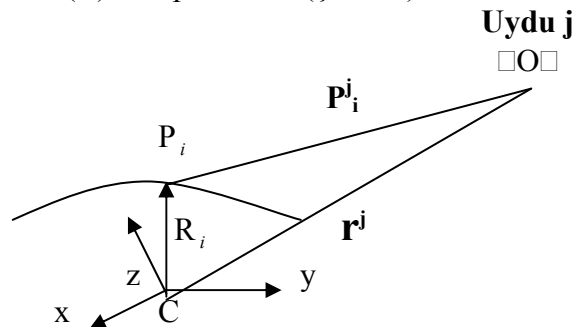
- Sayısallaştırma
- Tarama
- Video Kayıt
- Alfa Sayısal Bilgi Girişi
- Sayısal Coğrafi Bilgi Kütüğü aktarımı

3. GLOBAL KONUMLAMA SİSTEMİ (GPS) / DİFERANSİYEL GPS (DGPS) VE UYGULAMA ALANLARI

a. GPS Tanımı ve Kullanım Alanı

GPS (Global Positioning System), ABD Savunma Dairesi tarafından geliştirilen uydulara dayalı, herhangi bir yerde ve anda, her türlü hava koşulunda, ortak bir koordinat sisteminde; konum, hız, zaman belirlemeye yarayan bir radyo navigasyon sistemidir. GPS jeodezik bir ölçü aracı olduğu kadar, daha yaygın olarak bir navigasyon aracıdır. Günümüzdeki bazı uygulamalar, GPS verilerinin anında bir CBS' ne aktarılmasının mümkün olduğunu göstermektedir. GPS alıcısına doğrudan bağlanan bir diz üstü bilgisayar (Laptop) veya GPS alıcısı üzerinde bulunan tuşlar vasıtasıyla arazide ölçüm ve coğrafi veri toplamak mümkün olmaktadır. Arazide yapılan GPS ölçülerini büroda değerlendirme (post processing) amaçlı olarak kullanılan yazılımlar farklı CBS formatlarında çıktı kütük verebilmekte ve bilgisayar ekranında daha önceden var olan grafik kütükle birlikte görüntülenebilmektedir. Böylece adeta tüm yer yüzeyi bir sayısallaştırma masası, GPS alıcısı da bir cursor yerine geçmektedir. Alınan sonuçlar duyarlık açısından oldukça olumludur. Üstelik konum ölçümleri ile beraber, ölçü anında öznitelik bilgilerinin de girilebilmesi birçok olanak yaratmaktadır. Yol haritalarının ve topoğrafik haritaların revizyonu, navigasyon vb. bir çok uygulamada kullanılabilmesi, bu sistemin gelecekte yepyeni ufuklar açabilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Hatta GPS anteninin bir prizma gibi arazi yüzeyinde dolaştırılması ile takeometrik alım tarzında veri toplama dahi mümkün olabilmektedir /10/.

Uydularla konum belirlemede en yaygın olarak kullanılan yöntem; uydu sinyallerinin bir alıcı tarafından kaydedilerek sinyalin uydudan yayınlandığı an ile alıcıda kaydedildiği an arasında geçen sürenin çok hassas olarak ölçülmesidir. Bu süre, sinyalin yayılma hızı (C) ile çarpılarak uydu-alıcı mesafesi (ρ) belirlenir. Uydunun koordinatları (r) zamana bağlı olarak bilindiğinden, alıcının konumu (R) hesaplanabilir (Şekil-1) /4/.



Şekil -1 : Uydularla Konum Belirlemede Temel Düşünce

GPS üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar:

- Uzay Bölümü (uydular)
- Kontrol Bölümü (uydu izleme istasyonları)
- Kullanıcı Bölümü (GPS alıcıları)

Uzay Bölümü ekvator ile 55 derecelik eğim yapan 6 yörünge üzerine yerleştirilmiş 21 esas ve 3 yedek olmak üzere 24 uydudan oluşturulmuştur. Uyduların yerden yüksekliği 20200 km olup yaklaşık 12 saatte bir tam devir yaparlar ve bir noktanın ufuk hattı üzerinde yaklaşık 5 saat kalırlar. Bu dağılımdan amaç, dünya üzerinde herhangi bir noktada herhangi bir anda en az 4 uydunun görülebmesidir.

Bugünkü durumuyla GPS, 20 km'ye kadar olan mesafelerde kenar ve koordinat farkı ölçüleri için hızı, doğruluğu ve ekonomik oluşu yönüyle ve diğer üstünlükleri ile pratik haritacılık hizmetleri için son derece uygun bir sistemdir. GPS'nin en önemli sakıncası ise (Ufuktan itibaren 15 derecenin üzerindeki) uydularla alıcı arasında bir engelin bulunmamasına diğer deyişle "açık gökyüzüne" ihtiyaç olmasıdır. Bu nedenle bina, ağaç gibi yapıların engellediği yerlerde klasik ölçülere olan ihtiyaç ortadan kalkmış değildir /4/.

b. DGPS ve Uygulama Alanları

DGPS yönteminde temel prensip; Navstar/GPS uydu sinyallerinden yararlanarak konumu iyi bilinen bir referans noktasındaki alıcıda hesaplanan anlık düzeltme değerleri kullanılarak 0-500 km uzaklıktaki gezici alıcıların hatalı konumlarının iyileştirilmesidir. Başka bir deyişle DGPS; referans istasyonu adı verilen bir alıcıyı bilinen bir noktaya yerleştirme ve bu alıcının topladığı uydu bilgileri ve bilinen koordinatlarının karşılaştırılması ile bilinmeyen noktalarda gezen alıcılarının hesapladıkları konumlara düzeltme getirme işlemidir. Böylece yalın GPS kullanımında 100-150 m'ye varan anlık konum hatalarının referans istasyonuna bağlı olarak 5 m'yi geçmemesi sağlanır /5/.

DGPS yönteminin daha hassas ve güvenilir sonuçlar vermesi için, ana alıcının veri toplama yükseklik açısı gezen alıcılarınkinden daha düşük olmalıdır. Böylece belirli uzaklıktaki (yaklaşık 500 km.) gezen alıcılar tarafından gözlenen tüm uyduların sabit alıcılar tarafından da gözlenmesi sağlanacaktır. Özellikle atmosferik hataların 250 km.den sonra hızla farklılaşan miktarlar da olması nedeniyle, gezen alıcı ile ana alıcı arasındaki uzaklığın genel olarak 500 km.yi aşmaması istenir.

Bir GPS alıcısı ile bir yeryüzü noktasında mutlak konum belirlemenin doğruluğu, atmosferik etkiler ve sistemden kaynaklanan hatalar nedeniyle oldukça düşük olmaktadır. Bu hata kaynakları genel olarak uydu ve alıcı saati hataları, atmosferik etkiler, uydu efemeris hataları ve seçimli doğruluk erişimi olarak sıralanabilir.

Yukarıda belirtilen hata kaynaklarının büyük bölümü DGPS ile giderilmektedir. Dolayısıyla, DGPS'deki temel düşünce geleneksel GPS sisteminde mevcut olan hataları düzeltmek olarak ifade etmektir.

Kod gözlemi yapılarak DGPS ile elde edilebilecek doğruluklar, dinamik platformlardaki uygulamalar için sabit alıcı ile gezen alıcı arasındaki uzaklığa bağlı olarak 1-20 m, statik uygulamalar için ise 1-5 m arasında değişmektedir. Gezen alıcının referans alıcıya uzaklığı azaldıkça , GPS hata kaynaklarının her iki alıcıyı da etkileme miktarı giderek aynı olacaktır. Özellikle atmosferik hataların 250 km'den sonra hızla farklılaşan miktarlarda olması nedeniyle gezen alıcı ile referans alıcı arasındaki uzaklık 250 km'ye kadar "yakın", 500 km'ye kadar "uzak" olarak tanımlanır ve genel olarak 500 km'yi aşmaması istenir. Söz konusu uzaklıklar için de referans alıcıda hesaplanan düzeltmelerin gezen alıcıya uygulanması ile sistemi yapısından kaynaklanan hataların önemli bir bölümü tümüyle giderilmiş veya çok azalmış olur. Uydu konum bilgilerinin ve/veya uydu saatlerinin kasıtlı olarak bozulmaları biçiminde uygulanan seçimli doğruluk erişimi nedeniyle oluşan anlık konum hataları da DGPS yöntemiyle giderilir. Bu özellik DGPS'nin en önemli etkinlik ve üstünlüklerinden birini oluşturur. Bu yöntemde giderilemeyen hata kaynakları ise sinyal yansıma etkileri ve alıcı saati hatalarıdır. Çünkü bu hatalar nokta konumu ve alıcı donanımına bağlı olduğundan diğer alıcılarla bir ilişki söz konusu değildir /5/.

DGPS halen çok çeşitli alanlarda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- Askeri amaçlı kullanımlar
- Sahil güvenlik
- Kara,deniz ve hava araçlarının navigasyonunda
- Tarım (Arazi Toplulaştırması Çalışmaları vb.)
- Kamu güvenliği
- Orman ve doğal kaynakların etkili kullanımı ve korunması
- Arkeoloji
- Petrol arama
- Pratik mühendislik amaçlı konum belirleme
- Hidroğrafik amaçlı ölçmeler
- Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Amaçlı veri toplama
- Hukuk ve Adalet
- Acil müdahale ve kurtarma faaliyetlerinde
- Deformasyon tespit ölçümlerinde
- Haberleşme ve iletişim hizmetlerinde
- Mevcut haritaların revizyonu ve güncelleştirilmesinde
- İç ve dış güvenlik

c. DGPS ile Navigasyonda Kullanılan Doğruluk Ölçütleri

Navigasyon amaçlı ölçmelerde doğruluk, herhangi bir zamanda bir kara, hava veya deniz aracının belirlenen yada hesaplanan konumunun o aracın aynı andaki gerçek konumuna olan yakınlığı olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla , söz konusu ölçmelerden elde edilen konum ile gerçek konum arasındaki fark ne kadar küçükse ulaşılan doğruluk o kadar yüksek demektir. Bilindiği üzere GPS ile navigasyon amaçlı anlık konum belirleme uygulamalarında yüksek doğruluklara ulaşmak kullanıcının dışında gelişen bir durumdur. GPS ile navigasyon uygulamalarında Amerikan Savunma Dairesi tarafından iki farklı konum belirleme hizmeti sunulmakta olup bunlar Duyarlı Konum Belirleme Servisi (PPS) ve Standart Konum Belirleme hizmeti (SPS) dir. Bunlardan PPS, yüksek doğruluklu konum, hız ve zaman

belirleme servisi olup yalnızca yetkili kullanıcılara açıktır, SPS ise PPS ye göre daha düşük doğruluklu konum ve zaman belirleme servisi olup, sivil ve askeri tüm kullanıcılara açıktır. PPS den elde edilebilecek anlık konum doğruluğu üç boyutta 16 m. iken , SPS için bu değer 156 m.dir /3/.

DGPS uygulamalarında kullanıldığı için bu konu içerisinde doğruluk ölçütlerinden olan DOP ve PDOP faktörlerinden bahsedilmiştir. Duyarlık kaybı faktörleri olarak bilinen DOP (Dilution of Precision) faktörleri , uydu geometrisinin navigasyon çözümlerinden elde edilen doğruluk üzerindeki etkilerini ifade etmekte yaygın olarak kullanılan ölçütlerdir. DOP, alıcı ile gözlem yapılan uyduların birbirlerine olan göreceli konumlarına bağlı olarak tanımlanan ve ölçü noktasına ait konum parametrelerinin “pseudorange” hataları ile ilişkisini kuran doğruluk sınırlayıcı geometri faktörleridir. DOP faktörleri en genel anlamda dengeleme sonrası elde edilen kofaktör matrisinin köşegen elemanlarının fonksiyonu olarak elde edilmektedir /3/.

Genel olarak DOP, konumlama duyarlılığının ölçüm duyarlığına oranı olarak ifade edilmekte ve

$$DOP = \sigma / \sigma_0$$

eşitliği ile verilmektedir. Burada ;

σ = Konum duyarlığı

σ_0 = Pseudorange ölçü duyarlığı

DOP hesapları, yaklaşık alıcı koordinatları ile efemeris kestirmesi yapıldıktan sonra yapılabilir. Bu hesaplamalarda pseudorange gözlemlerinin korelasyonsuz ve eşit ağırlıkta olduğu kabul edilmektedir. Ağırlık matrisi

$$P = \sigma_0^2 \cdot I$$

olarak verilir. Bu durumda dengelenmiş nokta koordinatları ve alıcı saati hatasına ilişkin kofaktör matrisi

$$Q_x = (A^T \cdot A)^{-1} = \begin{bmatrix} q_{xx}^2 & q_{xy} & q_{xz} & q_{xt} \\ q_{yx} & q_{yy}^2 & q_{yz} & q_{yt} \\ q_{zx} & q_{zy} & q_{zz}^2 & q_{zt} \\ q_{tx} & q_{ty} & q_{tz} & q_{tt}^2 \end{bmatrix}$$

ile verilmektedir. Bu matrisin köşegen elemanları kullanılarak aşağıdaki DOP faktörleri yazılabilir.

$$GDOP = \sqrt{q_{xx}^2 + q_{yy}^2 + q_{zz}^2 + q_{tt}^2}$$

$$PDOP = \sqrt{q_{xx}^2 + q_{yy}^2 + q_{zz}^2}$$

$$HDOP = \sqrt{q_{xx}^2 + q_{yy}^2}$$

$$VDOP = \sqrt{q_{zz}^2}$$

$$TDOP = \sqrt{q_{tt}^2}$$

Burada GDOP, uydu geometrisinin hesaplanan nokta koordinatlarına ve alıcı saati bilinmeyene toplam etkisini, PDOP uydu geometrisinin hesaplanan yatay ve düşey koordinatlarına etkisini, HDOP uydu geometrisinin hesaplanan yatay koordinatlara (enlem ve boylam) etkisini, VDOP uydu geometrisinin hesaplanan nokta yüksekliğine etkisini, TDOP uydu geometrisinin zaman bilgisine etkisini ifade etmektedir.

DOP faktörleri yalnızca navigasyon amaçlı kullanılmayıp günümüzde bir çok görelî konum belirleme uygulamalarında kullanılmaktadır. Noktalar arasında oluşturulan baz vektörlerinden yararlanarak oluşturulan kofaktör matrisinden hesaplanan DOP faktörleri görelî DOP (RDOP) olarak ifade edilmektedir. NATO standartlarına uygun olarak kabul edilen DOP değerleri Tablo- 1’de verilmiştir /3/.

Tablo -1: Kabul Edilen DOP Limitleri

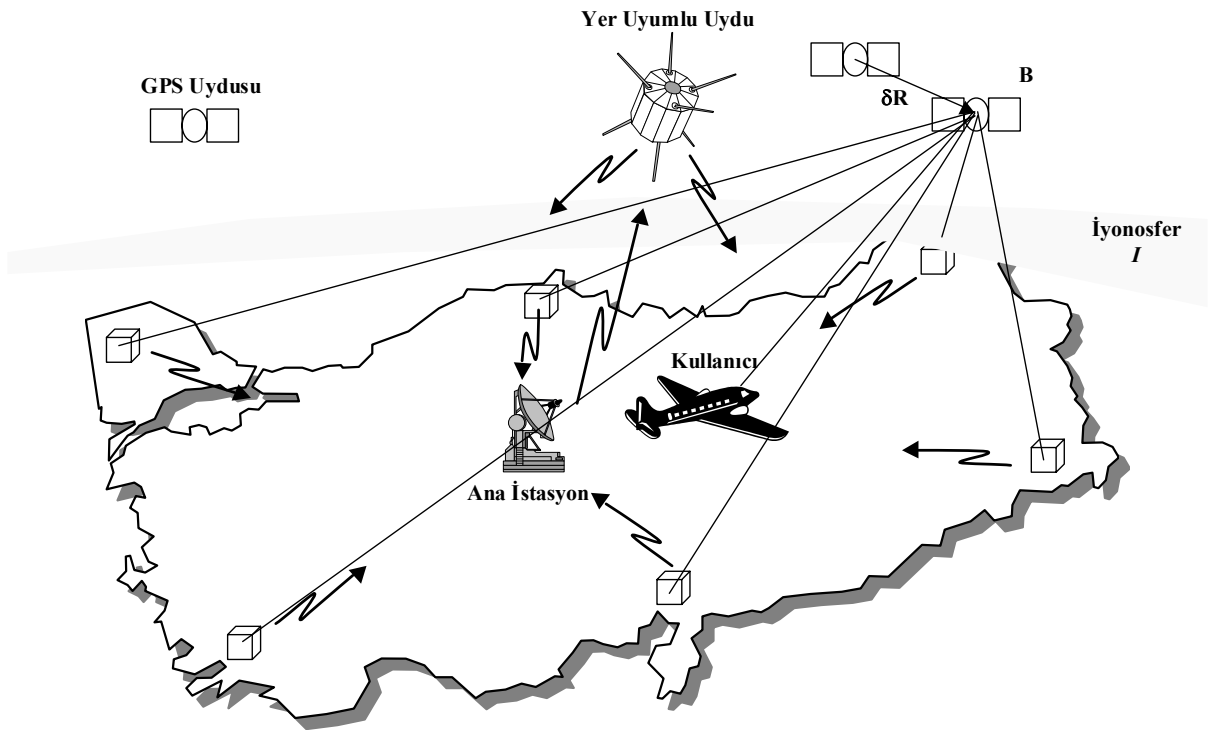
PDOP	İyi Dikkatli Olmalı (Sınırdan) Kullanılmamalı	PDOP< 6 PDOP= 6-10 PDOP> 10
HDOP	iyi	HDOP≤ 4
VDOP	İyi	VDOP≤ 4.5
TDOP	iyi	TDOP≤ 2

4. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İÇİN DGPS YÖNTEMİ İLE VERİ TOPLAMA

DGPS yönteminde biri sabit diğeri gezen GPS (rover) olmak üzere en az iki alıcıya gereksinim vardır. Sabit alıcı anteni, konumu daha önceden yüksek doğruluklu olarak belirlenmiş ve mümkünse bölgenin ortasında bir noktaya kurulur. Sabit noktaya kurulan alıcının tüm uyduları gözleyebilmesi için çok kanallı olması tercih edilir. Koordinatları bilinmeyen bir noktaya sabit DGPS istasyonu kurulduğu takdirde, cm seviyesinde bir konum doğruluğu elde edebilmek için en az 72 saat süreyle kod ve faz ölçüleri beraber kullanılarak ölçüm yapılması gerekir. Çünkü DGPS ölçüleri ile koordinat belirlemenin doğruluğu herşeyden evvel sabit istasyonun bilinen koordinatlarının doğruluğuna bağlı olup; bilinen koordinatlar ne kadar doğru ise hesaplanan diferansiyel düzeltmeler de gerçeğe o kadar yakın olacaktır. Sabit DGPS noktasının konumunun cm seviyesinde bir doğrulukla elde edilmesi, DGPS yöntemi ile CBS amaçlı veri toplama çalışmaları için arzu edilen bir durumdur. Duyarlılığı daha düşük olan navigasyon amaçlı kullanımlar için 24 saatlik bir ölçü süresi yeterlidir /7/.

DGPS/CBS uygulamalarının sağlıklı bir temele oturtulabilmesi için ülkemizde DGPS referans istasyonlarının kurulması, TUTGA ile ilgili çalışmaların bir an önce bitirilmesi ve

sonuçlarının ortaya konularak herkesin kullanımına sunulması şarttır. Böylece referans noktası seçiminde, konumu yüksek doğrulukla belirlenmiş TUTGA noktaları büyük bir kolaylık sağlayacaktır. Navigasyon ve CBS amaçlı çalışmalara yönelik olmak üzere, tek bir sabit istasyonun kurularak verilerin uydu vasıtası ile kullanıcılara yayımlanması ekonomik ve geçerli bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil-2). Ancak hassasiyet isteyen çalışmalarda (jeodezik çalışmalar, yerkabuğu hareketleri, deformasyon tespit çalışmaları vb.) birden fazla sabit istasyona ihtiyaç vardır. Aşağıdaki şekilde bulunan ana istasyon; DGPS uygulamaları için diferansiyel düzeltmelerin hesaplanıp kullanıcıların hizmetine sunulmak üzere uyduya gönderildiği sabit GPS istasyonudur /8/.



Şekil -2 : Sabit GPS Referans İstasyonuna Ait Düzeltmelerin Uydu Vasıtasıyla Kullanıcılara Yayımlanması

DGPS yönteminin daha düzenli ve güvenilir sonuçlar vermesi için sabit alıcının,gezen alıcının gözlem yaptığı aynı uyduları kapsayan bir uydu kümesine gözlem yapması gereklidir. Bunun için sabit alıcının veri toplama yükseklik açısı gezen alıcılardan daha düşük olmalıdır. Böylece belirli uzaklıklar için (yaklaşık 500 km) gezen alıcılar tarafından gözlenen tüm uyduların sabit alıcı tarafından gözlenmesi sağlanacaktır. Genel bir kural olarak gezen alıcının veri toplama açısı sınırı, sabit istasyondan olan her 100 km uzaklık için bir derece artırılmalıdır. Örneğin sabit istasyonda veri toplama açısı 10 derece ise, buradan 500 km uzaklıktaki bir gezen alıcı için bu değer en az 15 derece olmalıdır.

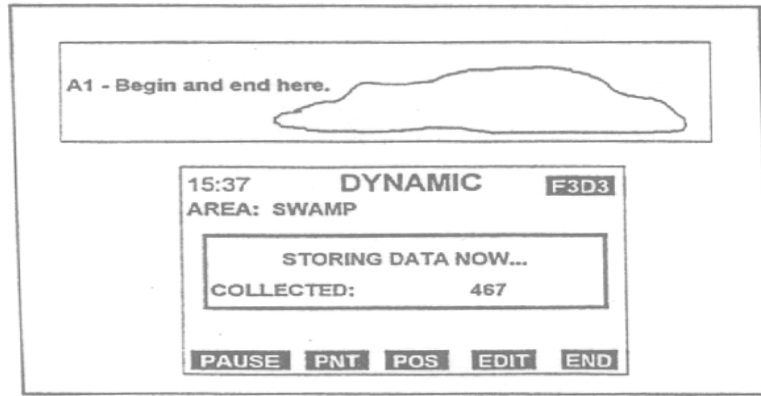
Veri toplama amaçlı DGPS uygulamalarında arazide bulunan detaylar üç şekilde değerlendirilerek, buna göre ölçüm yapılır. Bunlar; /1/

- Çizgi ve/veya hat (Line) özelliğindeki detaylar (yol, akarsu, sulama kanalı, kanalet vb.)
- Alan (Area) özelliğine sahip detaylar (Göl ve Göletler, Bataklık Alanlar vb.)
- Noktasal (point)özellikli detaylar (Çeşme, Pınar vb.)

DGPS/CBS uygulamalarında detaylar üzerinde üç farklı GPS ölçüsü yapılır. Bunlar;

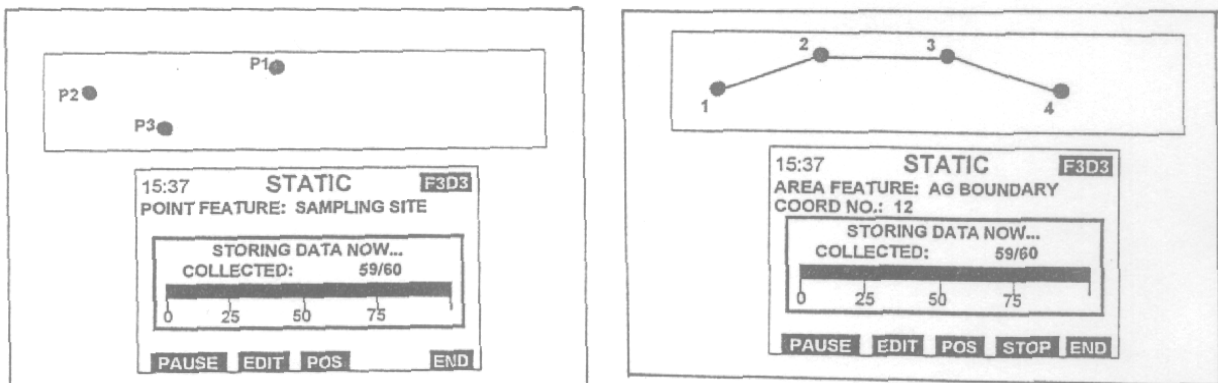
- Kinematik (Dinamik) GPS ölçümü
- Statik GPS ölçümü
- Offset noktasında GPS ölçüm

Kinematik(Dinamik) GPS ölçümü, detay üzerinde hareket edilmek suretiyle yapılan GPS ölçüsü uygulamasıdır. Genelde çizgi ve alan özellikli detayların alımında kullanılır (Şekil-3).



Şekil – 3 : Kinematik (Dinamik) GPS Ölçümü

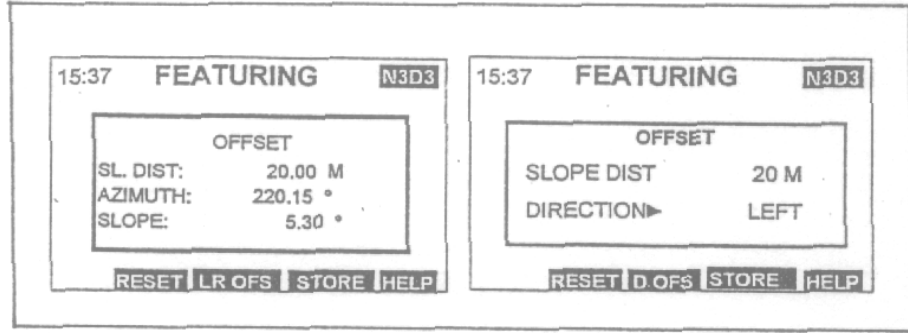
Statik GPS ölçümü, detay üzerinde belirli bir süre durmak suretiyle yapılan GPS ölçüsü uygulamasıdır. Genelde nokta özellikli detaylar ile çizgi ve alan özelliğindeki detayların kırılma noktaları üzerinde durmak suretiyle uygulanır (Şekil – 4).



Şekil – 4 : Statik GPS Ölçümü

Offset noktasında GPS ölçüsü uygulaması; yanına gidilemeyen yada alıcının en az 4 uyduyu göremediği noktalarda bulunan detayların ölçümünde uygulanır. Bu durumda detayların koordinatlarının ölçülebilmesi için detaylarla ilgili olarak aşağıdaki bilgilerin alıcıya aktarılması gerekir (Şekil-5) /6/.

- Offset noktası ile veri toplanacak detay arasındaki eğik mesafe
- Offset noktası ile detay arasındaki azimut (Bunun için alıcıda mevcut olan pusuladan (Compass) faydalanılır.
- Offset noktası ile detay arasındaki eğim



Şekil – 5 : Offset Noktasında GPS Ölçümü

Offset noktası ile detay arasındaki kısa mesafelerde(uygulamada 20-30 m), 1/25.000 ve daha küçük ölçekli uygulamalarda, alıcının pusulasından okuduğumuz manyetik açı konum ölçümleri için yeterli duyarlılığı sağlamaktadır. Aynı zamanda alıcının pusulası vasıtasıyla yürüyüş hızı da belirlenebilmektedir.

a. DGPS/CBS uygulamasında kullanılan donanım ve yazılım

LEICA GPS/GIS sistemi esas olarak arazide DGPS den yararlanarak coğrafi veri toplama, konum ve hız belirleme amaçlı bir sistemdir. Bu sistem aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır;

- 1 Adet 12 kanallı ve faz - kod ölçümü yapabilen MX 9250 B referans istasyonu alıcısı
- Birden fazla sayıda 6 kanallı ve kod ölçüsü yapabilen MX 8600 GPS /GIS veri toplama cihazı
- 1 Adet “PC GPS” Yazılımı

(1) Referans İstasyonu (MX 9250 B referans istasyonu alıcısı)

Bu sistem 12 kanallı bir alıcı, alıcı anteni(disk şeklinde), 33 m anten kablosu, bir bilgisayar, CDU iletişim yazılımı ve PC GPS değerlendirme yazılımından oluşmaktadır. MX 9250 alıcısı faz-kod ölçümü yapabilen, aynı zamanda bir referans istasyonu gibi çalışarak DGPS düzeltmelerini üretme ve deniz sinyal istasyonlarından (Beacon) gelen DGPS düzeltmelerini alma kabiliyetindedir. MX 9250 alıcısı, profesyonel DGPS navigatörünün bütün özellik ve yapıları ile donatılmış, bununla birlikte RTCM SC-104 formatındaki DGPS düzeltmelerini alabilme olanağına da sahiptir /7/.

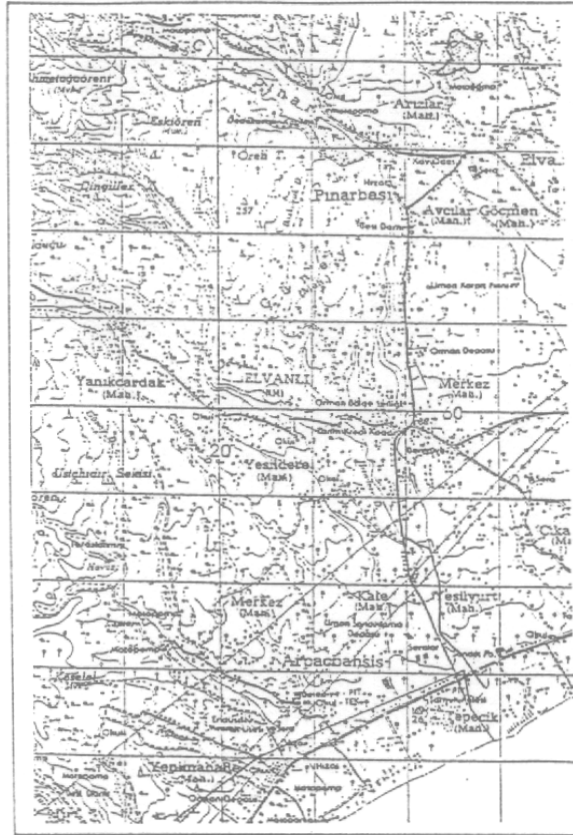
(2) MX 8600 GPS Alıcısı

Yalnızca L1 taşıyıcı dalga üzerinden C/A kod gözlemi yapabilen 6 kanallı ve tek frekanslı bir GPS alıcısıdır. Bir LCD görüntü ekranı, veri ve komutları girmek için bir tuş takımı, uydu sinyallerini alabilecek bir GPS alıcısı ve anteni, arazi verilerini toplama seti ve bir bilgisayara bağlantı için 2 adet RS-232 etkileşim portuna sahiptir. Aynı zamanda 3 MB RAM ile donatılmıştır. MX 8600, araç içerisinde harici antenle beraber navigasyon amaçlı kullanılabilir /6/.

Arazi gözlemi sonrası büroda değerlendirme amaçlı olarak, PC GPS yazılımı kullanılmaktadır. Yazılım düzeltme getirilmiş veya getirilmemiş gezen alıcı koordinatlarını istenen datumda grafik veya liste olarak gösterebilir. Bu grafik görüntüler çiziciden istenen ölçekte alınabilir. PC GPS yazılımı ile arazide toplanan coğrafi veriler herhangi bir CBS formatında (ESRI Shapefile, Arc/Info, Autocad Dxf) kullanılabilir olanağı sağlanmaktadır.

b. DGPS Yöntemi ile Veri Toplamanın Arazideki Uygulaması

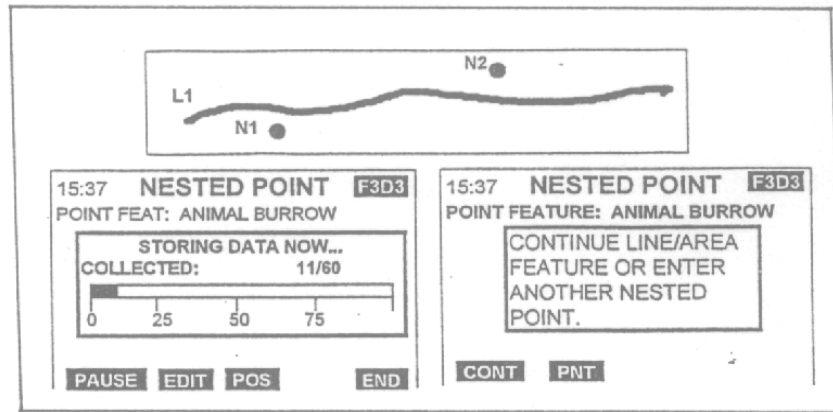
Mersin-Erdemli arasında kalan ve Arpaçbahsis-Elvanlı-Arızlar yerleşim yerlerini içine alan bölgeye ait 1/25.000 ölçekli paftada yapılan DGPS/CBS uygulamamızda; diferansiyel düzeltmeleri kaydetmek için 72 saat boyunca üzerinde ölçüm yapılmış olan nokta, referans noktası olarak seçilmiştir (Şekil-6) . Gezen GPS alıcıları ise referans noktası ile eş zamanlı ölçüm yapmak şartıyla arazide bulunan detaylar üzerinde dolaşmış ve aynı zamanda detaylara ait öznitelikler toplanmıştır. Uygulama bölgesinin yüksekliği 13-212 metre arasında değişmektedir.



Şekil – 6 : Uygulama Bölgesi

DGPS yöntemi ile veri toplama amaçlı arazi çalışmalarında daha önce belirtildiği gibi alıcıların her noktada en az 4 uyduyu görmesi gerekir. Alıcıların 4 uyduyu göremediği durumlarda detayın uzağında bir yerde bir ofset noktası seçilerek o detayın ölçümü yapılır. Arazide, hakkında veri toplanacak bir detayın yanına gelindiği zaman, ilk önce alıcının yeterli sayıda uyduyu görüp görmediği kontrol edilmelidir. Söz konusu detaya ait öznitelik verileri GPS alıcısına aktarılarak, detayın tipine göre Kinematik veya statik ölçüm yapılır. Kinematik ölçümde GPS alıcısının anteni araç üzerine bağlanarak detay üzerinde hareket edilir veya araç yoksa detay boyunca yürünür. Alansal ve / veya hat / çizgi özelliği gösteren detaylar üzerinde ölçüm yaparken; Detaya ait özniteliklerin değiştiği her bölümde dinamik hareket durdurularak yeni öznitelikler girilir ve tekrar ölçüme devam edilir.

Günümüzde kullanılan GPS / CBS alıcıları (MX 8600 v.b.); alette mevcut olan önceden yapılmış ölçülere ve kayıtlara zarar vermeden, alan veya çizgi detaylarla ilişkili olan veya yakınında bulunan nokta özelliği gösteren detaylara ait özniteliklerin toplanmasına ve konum ölçümlerinin yapılması ile kalınan yerden kinematik GPS ölçüsüne devam edilmesine olanak vermektedir (Şekil-7) (Örneğin MX 8600’da NESTED POINT Modunda Ölçüm gibi).



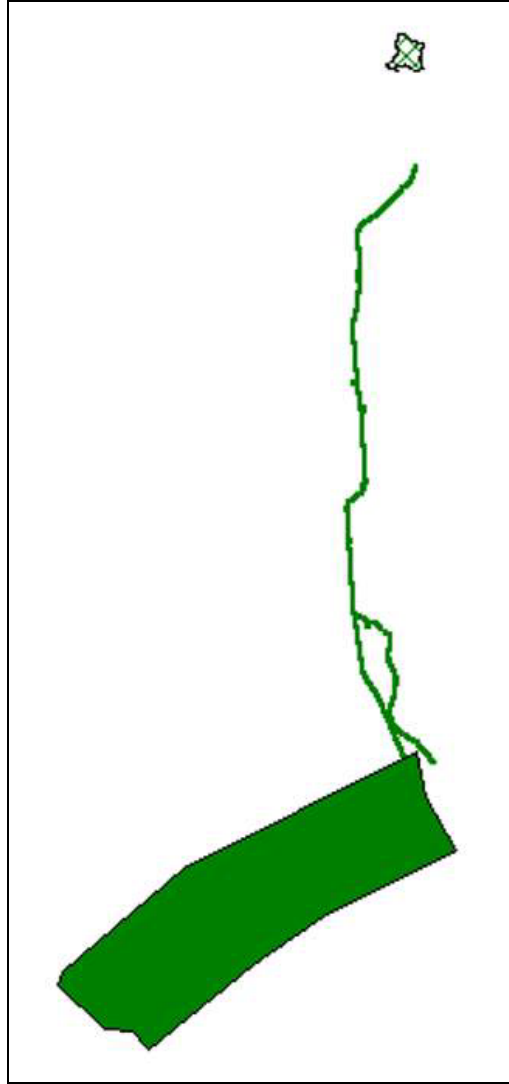
Şekil – 7 : NESTED POINT Modunda Ölçüm

Örneğin 1/25.000 lik bir topoğrafik paftada bir karayolunun revizyon ölçüm çalışmaları yapıyor olsun. Burada karayolu detayı, Çizgi / Hat özellikli ve kinematik ölçüm yapılan bir coğrafi detay niteliğindedir. Bu yol üzerinde çeşme veya pınar gibi nokta özellikli detayların bulunduğu varsayılın. Bu detayların yanına gelindiği zaman; daha önce yapılmış olan karayolu detayı ile ilgili ölçü kayıtlarına zarar vermeden, çeşme veya pınar gibi nokta özellikli detayların ölçümünü yapmak ve daha sonra karayolu detayının ölçümüne kalınan yerden devam etmek günümüzde kullanılan GPS / CBS alıcıları ile olanaklı hale gelmiştir.

c. DGPS/CBS uygulamasındaki ölçümü yapılan detaylara ait bilgiler

Daha önce belirttiğimiz bölgede gerçekleştirilen uygulamada; bir yerleşim merkezi sınırı, bir karayolu, bir akarsu ve bir adet taş ocağının ölçümü yapılmış ve bu detaylara ait tarafımızdan belirlenen öznitelik bilgileri toplanmıştır (Tablo-2). Ölçümler, günün sabah saatlerinde başlamak üzere güneş batışından bir saat öncesine kadar geçen süre içerisinde yapılmıştır. Ölçümlerde veri toplama aralığı 1-5 sn olarak seçilmiştir. Akarsu detayının ölçümü 1 sn veri toplama aralığında ve yürüyerek; taş ocağının ölçümü 5 sn veri toplama

aralığında ve yürüyerek, karayolunun ölçümü ise 2 sn veri toplama aralığında ve 30 km/h hızla giden bir araçla yapılmıştır. Bütün bu detaylara ait ölçümler kinematik olarak gerçekleştirilmiştir. Meskun mahalın sınırları ise kırılma noktaları üzerinde 2 dk. Süreyle statik ölçüm yapmak suretiyle belirlenmiştir. DGPS uygulamasında ED-50 datumu seçilmiş ve kod ölçüleri kullanılmıştır. Bu detaylara ait ölçümler “ PC GPS “yazılımı ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar liste ve grafik olarak alınmıştır. PC GPS yazılımı ile düzeltme getirilmiş gezen alıcı koordinatlarını istenen ortamda grafik veya liste olarak gösterebileceği gibi, bu grafik görüntüler çiziciden istenen ölçekte alınabilmektedir. DGPS/CBS uygulamasının grafik çıktısı Şekil – 8’de verilmiştir.



Şekil – 8 : DGPS/CBS Uygulamasının Grafik Çıktısı

Tablo - 2 : Detaylara Ait Bilgiler

ÖLÇÜMÜ YAPILAN DETAYIN ADI	DETAYLARLA İLGİLİ OLARAK TESPİT EDİLEN ÖZNİTELİKLER	DETAYIN TİPİ	YAPILAN ÖLÇÜ TİPİ	YAPILAN ÖLÇÜ SAYISI
YOL	-Kaplama Cinsi -Genişlik	Çizgi/Hat	KİNEMATİK (DİNAMİK)	548
TAŞ OCAĞI	-	Alan	KİNEMATİK (DİNAMİK)	236
AKARSU	-Sol Kenar Eğimi -Sol Kenar Uzunluğu -Taban Genişliği -Sağ Kenar Eğimi -Sağ Kenar Uzunluğu	Çizgi/Hat	KİNEMATİK (DİNAMİK)	1453
MESKUN MAHAL	-	Alan	STATİK	12

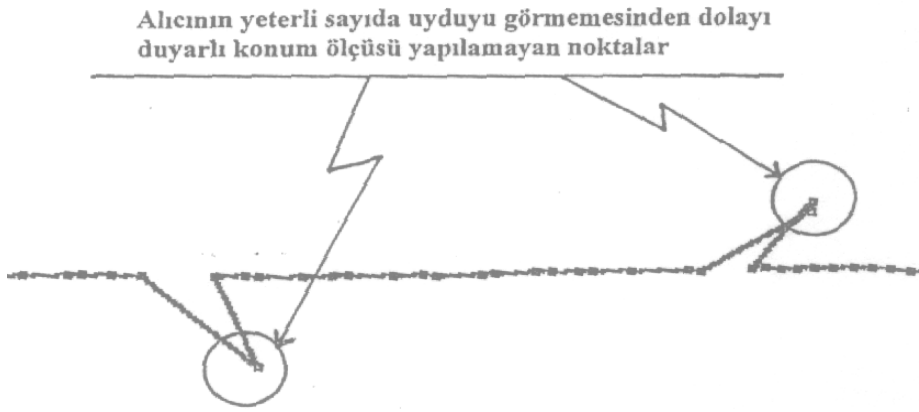
d. Uygulama Sonuçları

1/25.000 ölçekli örnek paftada yapılan arazi uygulamasında; arazide tespit edilen bazı kontrol noktalarının GPS ile bulunmuş olan koordinatları ile bu noktalara ait gerçek koordinatların karşılaştırması aşağıdaki Tablo – 3’de verilmiştir. Uygulamamızda; kontrol noktaları üzerinde 2 dakika süreyle statik ölçüm yapılmış olup, DGPS/CBS uygulamasının liste çıktısında PDOP değerinin 2.7 – 6.1 arasında değiştiği görülmüştür. Uygulama bölgesinin referans noktasına olan uzaklığı ortalama 60 km dir. Bu sonuç uygulamamıza ait konum belirleme doğruluğunun “ kabul edilebilir ” seviyede olduğunu göstermektedir. 1/25.000 ölçekli bir pafta için konum doğruluğu $M_p = \pm 5$ m olduğuna göre; kontrol noktalarına ait konum doğrulukları bize, kod ölçümü ile yapılan DGPS uygulamasının 1/25.000 ölçekli bir pafta için yeterli doğrulukta sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Tablo - 3 : Değerlendirme Sonuçları

Nokta No	Kontrol Noktalarına Ait Yukarı Koordinat Farkları (metre) (ΔX)	Kontrol Noktalarına Ait Sağa Koordinat Farkları (metre) (ΔY)	Ortalama Konum Hatası (metre) $M_p = \pm \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$
1	-2.12	1.97	2.89
2	1.58	-2.75	3.17
3	1.21	1.62	2.02
DETAYIN ADI		DETAY ALANI (Hektar)	
Meskun Mahal		424.232	
Taş Ocağı		7.591	

Ölçümü yapılan detaylardan olan taş ocağı, basılı pafta üzerinde bulunmadığından dolayı bizim için yeni bir detay niteliğindedir. Yine yaptığımız uygulama sonucunda, meskun mahal sınırının genişlediği tespit edilmiştir. Bu iki örnek bize, DGPS yardımıyla harita üzerinde olmayıp ta arazide mevcut olan detayların tespit edilerek harita üzerine konulabileceğini göstermiştir. Biz buna kısaca pafta revizyonu diyoruz. Uygulamamızın grafik çıktısı üzerinde görülen ($\wedge$) şeklinin bulunduğu bölgeler, GPS alıcısının yeterli uyduyu görmemesinden dolayı duyarlı konum ölçüsü yapılamadığını göstermektedir. Böyle bir durumda bu bölgelerde ölçülerin tekrar edilmesi gerekir. Uygulamamızın grafik çıktısı üzerinde; GPS ölçüsü yapılan noktalar (- - - - -) şeklinde görülmektedir /1/.

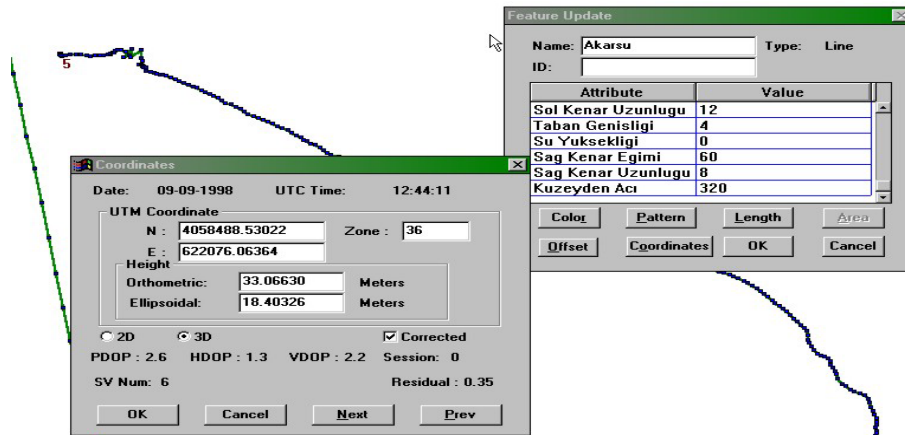


Şekil-9: Grafik Çıktı Üzerinde GPS Ölçüsü Yapılan ve Yapılamayan Noktalar

DGPS/CBS uygulamalarında; bilgisayar ekranında bulunan grafik çıktı üzerinde, ölçüm yapılan detaylara ait aşağıda verilen bilgileri görebilmemiz mümkündür. Bunlar; /1/

- Detaylar ile ilgili öznitelik bilgileri
- Detayların koordinatları
- Detayların bulunduğu dilim numarası
- Detayların ortometrik ve elipsoidal yüksekliği
- GPS ölçülerine ait PDOP, HDOP ve VDOP değerleri

Bu uygulamada, örnek olarak 5 numaralı akarsu detayına ait yukarıda verilen bilgileri, bilgisayar ekranındaki grafik görüntü üzerinde görmek mümkündür. Bununla ilgili görüntü Şekil – 10’da verilmiştir



Şekil -10 : Bilgisayar Ekranındaki 5 Numaralı Detaya Ait Öznitelik ve DGPS Ölçüsü Değerlerinin Görüntüsü

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada genel olarak CBS için veri toplama yöntemleri, DGPS / CBS kavramları incelenmiş ve sınırlı bir bölgede gerçekleştirilen DGPS yöntemi ile veri toplama çalışması ile ilgili sonuçlar aşağıda sunulmuştur. Bunlar;

- DGPS / CBS yöntemi, uygun donanım ve yazılımlar kullanıldığında her türlü navigasyon hizmetinde, pratik mühendislik ve CBS için veri toplama çalışmalarında kullanılabilecek anlık, güvenilir ve doğru sonuçlar verebilen bir sistemdir. Özellikle sivil navigasyon hizmetlerinde önemli bir problem olan seçimli doğruluk erişimi (SA), DGPS yöntemi ile giderilebilmektedir.

- DGPS / CBS yönteminin bu çalışmada Kod gözlemleri yapan GPS alıcıları kullanılmasına rağmen elde edilen sonuçlar , 1/25000 ve daha küçük ölçekteki, genellikle düz, bina ve ormanların yoğun olarak mevcut olmadığı alanlarda yapılan CBS amaçlı veri toplama, harita revizyonu ve güncelleştirme çalışmalarında doğru ve güvenilir bir yöntem olduğunu göstermiştir. Daha büyük ölçeklerde (1/10.000 ve daha büyük) ve daha yüksek doğruluk isteyen çalışmalarda, faz ölçümü yapan GPS alıcıları kullanıldığı zaman cm seviyesinde bir konum doğruluğu elde edilebileceği düşünülmektedir. DGPS/CBS yöntemi ile parsel alanları; kırılma noktalarında statik veya sınır boyunca kinematik GPS ölçüsü yapmak suretiyle hassas bir şekilde hesaplanabilir. Bunun sonucunda DGPS; arazi toplulaştırması ve buna benzer çalışmalarda kullanılabilecek uygun bir yöntemdir.

- DGPS sistemi ile kurulacak olan sabit bir istasyondan, değişik mesajlar gönderilerek farklı amaçlara hizmet olanağı da mevcuttur. DGPS ile çalışmayan ancak tek frekanslı alıcıları bulunan diğer kullanıcılarda bu hizmetten anlık veya gözlem sonrası yararlanması olanaklıdır. Böylece pahalı bir sistem olan çift frekanslı alıcılar olmaksızın küçük bölgelerde (yaklaşık 5-20 km.) tek frekanslı alıcılarla yaklaşık aynı doğrulukların elde edilmesi mümkün olacaktır /5/.

-DGPS 'in en önemli sakıncası, sabit istasyonda hesaplanan düzeltmelere ilişkin hataların sabit istasyondan uzaklaştıkça artmasıdır. Bu nedenle gezen alıcı ile sabit istasyonlar arasındaki uzaklığın en fazla 500 km olması önerilmektedir. Bundan dolayı ülkemizde ileride sürekli olarak uygulama yapılacağı düşünülürse en az iki veya daha fazla sayıda sabit istasyonun kurulması gerekir. Türkiye’de gerçekleştirilecek tüm GPS , CBS ve revizyon çalışmalarına yönelik olarak; sürekli yapılan gözlemlerle referans noktası olarak hizmet vermek, anlık ve/veya yakın gerçek zamanlı DGPS düzeltme verileri üreterek askeri ve sivil kullanıcılar için sürekli ve duyarlı konumlama; Kara, Hava ve Deniz araçlarının navigasyon imkanını sağlamak amacıyla ülke boyutunda sürekli ve kendi başına kayıt yapabilen aynı zamanda diferansiyel modunda da çalışan sabit GPS istasyonlarından oluşan bir ağ kurulmalıdır /5/.

CBS ve DGPS/CBS uygulamaları ile ilgili başlıca önerilerimiz şunlardır.

- CBS ile ilgili kanun ve yönetmelikler bir an önce çıkarılmalıdır.
- CBS’lerinin ihtiyaç duyacağı standartlar bir an önce tespit edilmeli ve kesinleştirilmelidir. Sayısal altlıkların ilgili kurumlar tarafından kısa sürede tamamlanarak kullanıcıların hizmetine sunulmalıdır.

- Daha öncede belirtildiği gibi yeteri kadar sabit GPS istasyonu kurularak verilerinin kullanıma sunulması sağlanmalıdır.
- Ülke Temel GPS Ağı'nın (TUTGA) hazır hale getirilerek, sonuçların bir an önce kullanıcıların hizmetine sunulması sağlanmalıdır.
- Haritacılık alanındaki mevcut yönetmelikler ve hukuki mevzuatlar GPS ve CBS alanındaki gelişmeler dikkate alınarak yenilenmelidir.
- CBS için DGPS yöntemi ile veri toplama uygulamasının yoğun bir şekilde kullanılma olasılığının mevcut olması nedeniyle, DGPS sistemi ile ilgili olarak proje veya uygulama bazında daha ayrıntılı araştırma ve çalışmaların yapılması gerekir.

KAYNAKLAR

- | | | |
|---|---|--|
| /1/ Dündar, V. | : | Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999. |
| /2/ Harita Gn. K.lığı. | : | HYTO Coğrafi Bilgi Sistem ders notları, ANKARA 1994 |
| /3/ Kahveci, M.. | : | GPS de kullanılan navigasyon amaçlı doğruluk ölçütleri, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Dergisi sayı 83, 1997. |
| /4/ Kınık, İ. | : | HYTO GPS Ders Notu (yayınlanmadı), 1995. |
| /5/ Kınık İ.,
Kahveci M.,
Ocak M. | : | DGPS ve uygulama alanları , Harita Dergisi Sayı 115, 1995. |
| /6/ LEICA GPS. | : | MX 8600 GPS/GIS Data Collector Manual, 1997. |
| /7/ LEICA GPS. | : | MX 9250 DGPS Reference Station/Navigator Manual, 1997. |
| /8/ Lenk, O. | : | (Harita Genel Komutanlığı Jeodezi Dairesi Başkanlığı Uzay Teknikleri Şube Müdürü) Kişisel Görüşme, ANKARA 1999. |
| /9/ Sarbanoğlu, H. | : | CBS için veri toplama yöntemleri (2nci bölüm) Harita Dergisi sayı 107, 1991. |
| /10/ Stutheit, J. | : | GIS/GPS Link. GIS World vol 3 No.2. Apr./May. 1990. |