

KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ (GPS) ve COĞRAFYA ARAŞTIRMALARINDA KULLANIMI

Global Positioning System (GPS) and Its Usage in Geographical Researches

Cemal SEVİNDİ

*Atatürk Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 25240, Erzurum
cs@turkcoğrafya.com*

Özet: *Günümüzün konum belirleme amaçlı uydu sistemleri içerisinde en yaygın kullanıma ve en geniş kullanıcı kitlesine NAVSTAR-GPS sahiptir. Sistemin temeli, konum belirleme amaçlı ilk uydu sistemi olan Navy Navigation Satellite System'e (TRANSIT) dayanır. Zaman sürecinde beklentileri karşılayamaz hale gelen TRANSIT programı, 1978 yılında yerini GPS projesine bırakmıştır. Küresel konum belirleme amaçlı bu sistem, 24 uydu üzerine kuruludur ve dünyanın farklı bölgelerinde kurulmuş yer istasyonlarınca denetlenmektedir. GPS alıcıları uydulardan gönderilen radyo sinyallerini yorumlayarak üç boyutlu konum bilgilerine ulaşır. Alıcıların ölçüm duyarlılığı başta kullanılan alıcının türüne, atmosferik etkilere, uygulanan ölçüm yöntemlerine ve çevresel etkenlere göre değişiklik gösterir. Coğrafya araştırmalarında geniş bir kullanım alanı bulunan GPS teknolojisinin, klasik konum belirleme yöntemlerinden daha hızlı ve hassas sonuçlar verdiği söylenebilir.*

Anahtar Kelimeler: *GPS, Navstar-GPS, Coğrafya, Navigasyon Uydu Sistemleri, Uydu Sistemleri*

Abstract: *NAVSTAR-GPS has the widest usage and the largest number of users among the satellites for the purpose of determining location, recently. The basis of this system relies on the first satellite system for determining location, Navy Navigation Satellite System (TRANSIT). TRANSIT program, not satisfying the necessary expectations in years, is replaced by GPS Project in 1978. This new system, targeted at determination of spheric location, is built on 24 satellites and is controlled by land stations constructed in various regions in the world. GPS receivers reach the information of three dimensional location by interpreting radio signals sent through satellites. The measurement sensitivity of the receivers varies due to the type of receiver, atmospheric effect, the methods used for measurement and environmental influences. It can be said that GPS technology, widely used in geography researches, reflects faster and more sensible results compared to the classical methods of determining location.*

Key Words: *GPS, Navstar-GPS, Geography, Navigation Satellite Systems, Satellite Systems*

1. Giriş

Teknolojik gelişmeler bilimsel araştırmalara yeni çalışma yöntemleri kazandırırken, verilerin daha kısa sürede ve daha sağlıklı analiz edilmesine olanak sağlar; görüşünden hareketle yeni donanım ve yazılımların, bilimsel çalışmalarda kullanılarak sorgulanması gerekmektedir. Amaca hizmet edebilecek niteliği olan teknolojiler için çalışma yöntemleri oluşturmak ve bu teknolojileri yaygınlaştırmaya çalışmak, aynı zamanda bilim adamlarının temel görevlerindedir. NAVSTAR-Küresel Konum Belirleme Sistemi'nin değerlendirildiği bu makalede, sistemin yapısı ve çalışma prensipleri hakkında temel bilgiler verilmiş; alt teknolojileri incelenmiş, saha uygulamaları ve yazılım

destekli kullanımı üzerinde durularak, coğrafya araştırmalarına uyarlanabilirliği hakkında bazı sonuçlara varılmıştır.

2. Küresel Veri Toplama Amaçlı Uydu Sistemleri

Günümüz de küresel veri toplama amacıyla kurulmuş uydular sistemlerinden, genel olarak atmosfer ile hidrosferdeki değişimlerin izlenmesinde ve jeodezik ölçmelerde yararlanılmaktadır. Değişik parametreleri değerlendirmekle beraber bu tür sistemlerin ortak yönü, verilerin uydu sinyalleri aracılığıyla toplanmasıdır. Kullanılan lçm teknikleri, bilgiye erişim süresi ve verilerin gerçekliği konusunda; genel olarak uydusal sistemlerin, klasik veri toplama tekniklerinden daha başarılı olduğunu söylemek mümkündür. Nitekim teknolojinin bu gün geldiği noktada, uydusal ölçüm yöntemlerini kullanan alıcılar günün her saatinde, ekstrem hava koşulları altında bile yüksek doğruluk oranlarıyla konum belirleyebilmekte ve hatta bunu hareket halinde olursa bile eş zamanlı sürdürebilmektedirler. Kuşkusuz bu gelişmeler özellikle askeri ve bilimsel açından konum belirleme uydularının önemini artırmakta, bu yöndeki yatırımları teşvik ederken alt teknolojilerin (*yazılım, donanım*) gelişimine zemin hazırlamaktadır.

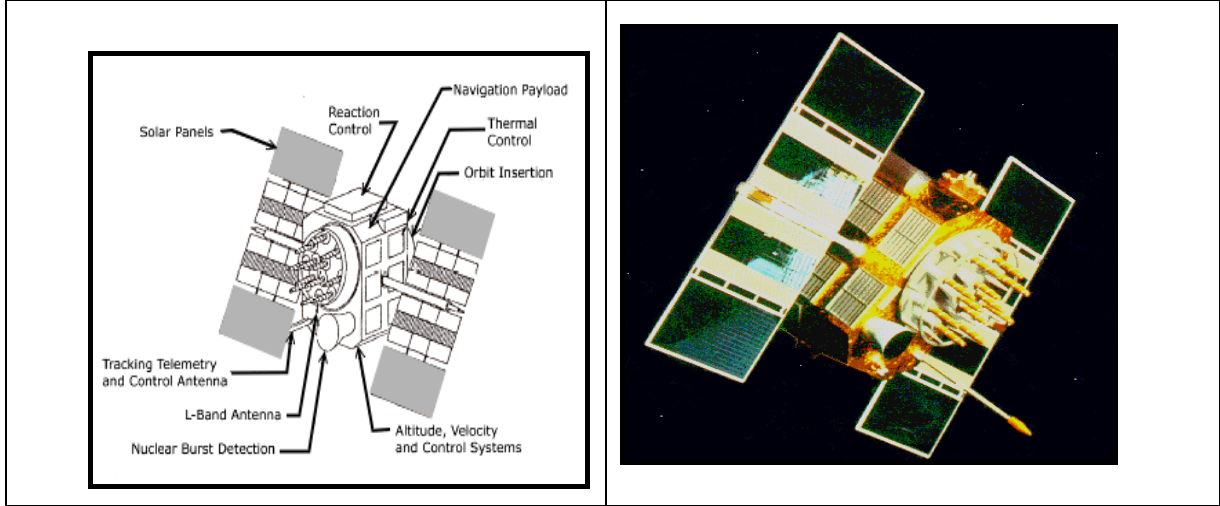
Uydusal konum belirleme sistemlerinden ağırlıklı olarak askeri alanlarda (insansız uçaklar, akıllı bombalar, her türlü askeri araç ve teçhizatın konumlandırılması vb.) ve bilimsel araştırmalarda (CBS uygulamaları, jeomorfolojik görünümdeki değişimlerin izlenmesinde, jeoloji çalışmalarında, uzaktan algılama çalışmalarında, jeodezik ölçümlerde, haritacılıkta vb.) yararlanılmaktadır. Diğer taraftan tüm ulaşım sistemlerinde, madencilik faaliyetlerinde, güvenlik uygulamalarında, arama-kurtarma işlemlerinde, tarımsal faaliyetlerde ve sportif aktivitelerde bu tür sistemler yaygın olarak kullanılır. Günümüzde konum belirleme amaçlı kurulmuş/kullanılan başlıca uydu sistemlerini GPS, GLONASS, DORIS, PRARE, TOPEX/Posidon) oluşturur. Fransızlar tarafından geliştiren DORIS (*Doppler Orbitography and Radio-Positioning Integrated by Satellite*) sistemi, konum belirleme özelliğinin yanı sıra; SPOT2-3-4-5, JASON, ENVISAT ve TOPEX/Posidon sistemi uydularla koordineli çalıştırılmaktadır. Sistemin 54 istasyondan oluşan yeryüzü ağı bulunmaktadır. Bir Alman projesi olan PRARE (*Precise Range and Range Rate Equipment*) sistemi, ilk uzaktan algılama uydusu olarak kabul edilen ERS-I (*European Remote Sensing Satellite*) için hazırlanmış bir modüldür. Bu modülün yerkreyle ilgili yaptığı ölçümler kontrol istasyonlarına aktarılmaktadır. TOPEX/Posidon, ABD ve Fransa ortaklığında geliştirmiş bir sistem olup okyanus akıntıları ile gel-git hareketlerinin izlenmesinde ve iklim çalışmalarında kullanılmaktadır. Sisteme ait uydular üzerindeki mikrodalga altimetreler sayesinde deniz seviyesindeki ± 2 cm'lik değişmeler tespit edilebilmekte, mikrodalga radyometreler sayesinde ise troposferdeki su buharı miktarı düzenli olarak ölçülmektedir (Kahveci ve Yıldız, 2001:147-150).

Ruslar tarafından SSCB döneminde geliştirilen Sputnik-I (4 Ekim1957) ve Sputnik-II (3 Kasım1957), uzaya gönderilen ilk yapay uydulardır. Bu uydular, Ruslar'ın daha sonraki yıllarda yürütecekleri uzay programları için önemli bilgi birikimi sağlamıştır. Kuşkusuz bu programlardan en önemlisi GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) projesidir. GLONASS bir ölçüde, ABD tarafından 1973 yılında geliştirilmeye başlanan GPS sisteme karşılık olarak ortaya çıkmıştır. Program dahilindeki uydulardan ilki 12 Ekim 1982 yılında yörüngesine oturtulmuştur. Sistem 21 asıl ve 3 yedek uydudan oluşmakla birlikte, en son 10 Aralık 2003'de fırlatılan yeni uydusuyla, 2004 yılı itibarıyla toplam 10 uydu üzerinden hizmet vermektedir. GLONASS'ın konum belirleme hassasiyeti yatayda 57-70 metre, düşeyde 70 metre kadardır (www.glonass-center.ru).

3. NAVSTAR-Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS)

Konum belirleme amaçlı uydu sistemleri içerisinde en yaygın kullanıma ve en geniş kullanıcı kitlesine NAVSTAR-GPS sahiptir. Bu sistemin temeli aslında konum belirleme amaçlı ilk uydu sistemi olan Navy Navigation Satellite System'e (diğer adı TRANSIT) dayanmaktadır. ABD tarafından geliştirilen ve ilk uydusu 18 Nisan 1960 yılında fırlatılan Navy Navigation Satellite System'den askeri amaçlarla yararlanılmaktaydı. Bir süre kullanımda kalan bu program gerek konum

belirleme hızı ve hassasiyeti, gerekse de ölçümlerinde çevresel şartlardan etkilenme oranları nedeniyle zamanla yetersiz kalmıştır (Yionoulis, 1998:36-40). Bu durum karşısında ABD Savuma Bakanlığı, 1973 yılında henüz gelişme aşamasındaki deniz kuvvetlerinin TIMATION programı ile hava kuvvetlerine ait 621B programının birleştirilerek desteklenmesine karar vermiştir. NAVSTAR-GPS (*Navigation Satellite Timing And Ranging-Global Positioning System*) adlandırılan bu yeni sistem, Transit uydu sisteminin geliştirilmiş şeklidir ve uydu kaynaklı radyo sinyallerinden yararlanılarak küresel konum belirleme mantığına dayanmaktadır. İlk uydusu 22 Şubat 1978’ de fırlatılan sistemde (Block-I uydu), çalışma süresi dolduran uyduların yerine sürekli olarak yenileri gönderilmekte olup, son uydu 23 Haziran 2004 tarihinde konumlandırılmıştır (<ftp://tycho.usno.navy.mil>), (Şekil 1; Fotoğraf 1).

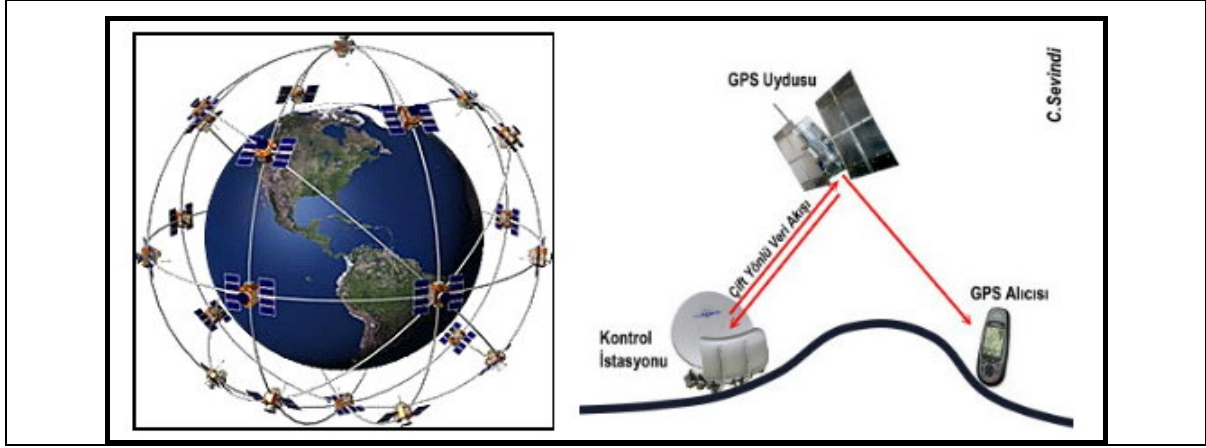


Şekil 1. Fotoğraf 1. GPS uydularının yapısı ve genel görünümü (Block II/IIA tipi uydu).

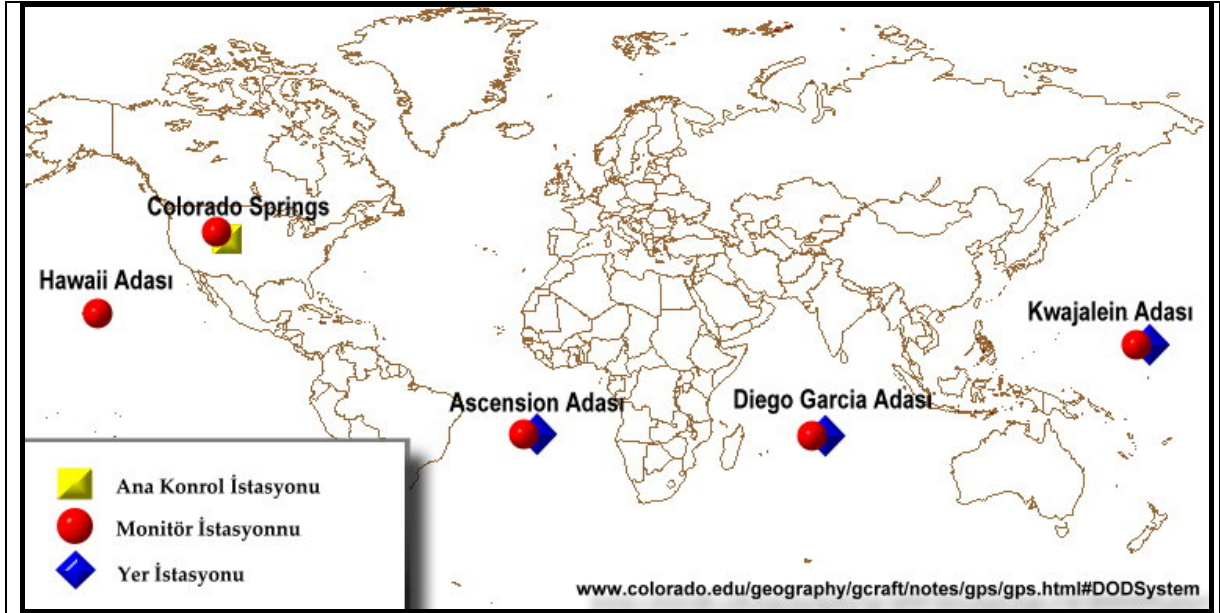
Küresel konum belirleme sistemi, uzayda konumlandırılmış GPS uyduları ve bu uyduları kontrol eden yer istasyonları olmak üzere temelde iki bölümden oluşur. Bu bölümlerin eş zamanlı çalışmasıyla üretilen bilgiler, radyo sinyalleri aracılığıyla yeryüzüne gönderilmektedir. Sinyallerin toplanması ve üç boyutlu konum, yön, zaman, hız bilgileri halinde kullanıcıya sunulması işlemi ise GPS alıcıları gerçekleştirir.

Yeryüzünden 20200 km uzaklıktaki GPS uyduları, ekvator ile 55° eğim (*inklinasyon açısı*) yapan 6 yörünge (her yörüngede 4 uydu) düzlemi üzerine konumlandırılmıştır. Uydular yörüngesel periyotları içerisinde 2 devri, 23 saat 56 dakikada tamamlarlar. Temelde 21 esas ve 3 yedek olmak üzere toplam 24 adet uydu üzerine kurulmuş sistemde, yedek uydularda faaldir ve bazı dönemlerde planlanan uydu sayısının üzerine çıkmıştır (Şekil 2).

GPS uydularının amaca uygun şekilde çalışabilmeleri için yörünge ve saat bilgilerinin sürekli denetlemesi, gerekli düzeltme mesajlarının belirli aralıklarla uydulara yüklenmesi gerekmektedir. Bu amaçla merkezi Colorado Springs yakınlarındaki Falcon Air Force Base olmak üzere Hawaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia’da beş izleme istasyonu kurulmuştur (www.colorado.edu) (Şekil 3). Uydular ile yer istasyonları arasındaki bilgi alış verişi 1783.74-2227.5 MHz, S-Bant üzerinden yapılmaktadır.



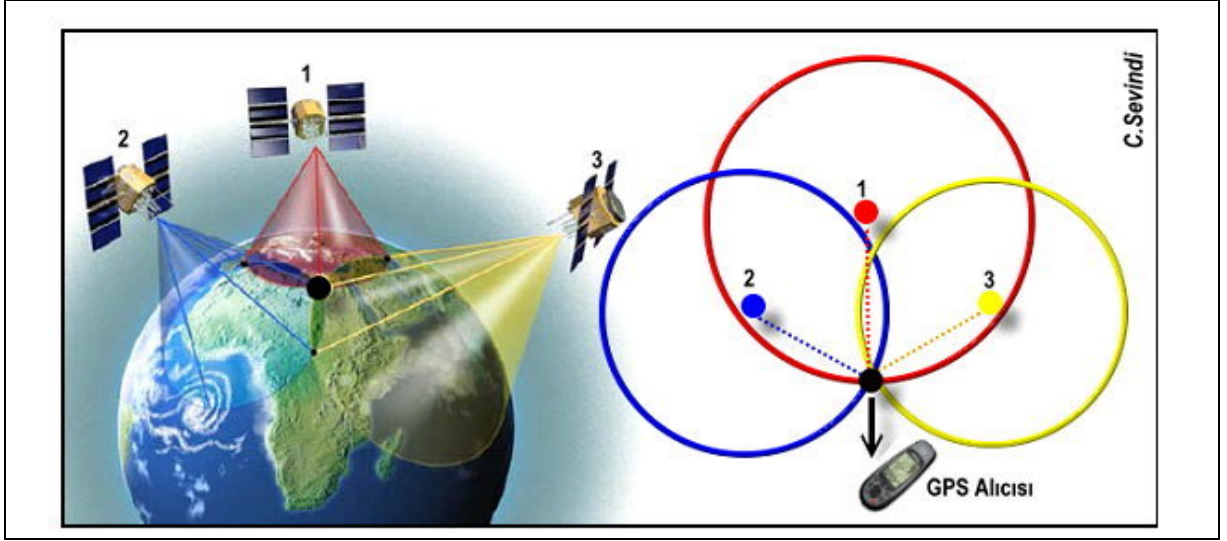
Şekil 2. a)-GPS uydularının yörüngeleri üzerindeki durumları b)-Uydu, yer istasyonu, GPS alıcısı ilişkisi.



Şekil 3. GPS yer istasyonlarının konumları ve işlevleri .

GPS ile noktaların konumları WGS-84 (*World Geodetic System-1984, referans sistem*) koordinat sisteminde, kartezyen koordinatlar $(x,y,z-3$ boyutlu) şeklinde veya elipsoidal (φ,λ,h) olarak da belirlenmektedir (Yomralıoğlu,2000:98). GPS uydularında işlevlerine uygun olarak çok hassas rubidyum ve sezyum (2'şer adet) atomik saatler kullanılmaktadır. Sistem için seçilen referans zaman sistemi UTC (*Universal Time Coordinated*)'nin düzeltmeler içeren şekli UTC-USNO (*US Naval Observatory*)'dur.

GPS uyduları 1575.42 MHz frekansındaki L1 (*dalgaboyu 19.0 cm*) ve 1227.60 MHz (*dalgaboyu 24.4 cm*) frekansındaki L2'den oluşan iki taşıyıcı sinyale sahiptir. İkinci taşıyıcı frekansın (L2) kullanılmasındaki temel neden, alıcıların hızlı kalibrasyon edilebilmesi ve İyonosferin yansıtıcı etkisinin azaltılmasıdır. Belirtilen taşıyıcı sinyallerden L1 üzerinden, 1.023 MHz frekansındaki (dalga boyu 300m) C/A-Kod (*Course Acquisition*) ve 10.23 MHz frekansındaki (dalga boyu 30 m) P-Kod (*Precise*) ile navigasyon mesajı (*50 bps, saniyede 50 bit hızında veri*) yayınları yapılmaktadır. L2 taşıyıcısı üzerinde ise sadece P-Kod ve navigasyon mesajı bulunur (Blewit,1997:6-8), (Şekil 4.).



Şekil 4. GPS teknolojisinde konum belirleme mantığı. Bir noktanın konumu belirlenirken en az dört uydudan sinyal alınmalıdır, konum belirleme hassasiyeti uydu sayısıyla orantılıdır.

Kullanıcı açısından navigasyon mesajı oldukça önemlidir, nitekim bu mesajlarda uydulara ait koordinat bilgileri, saat düzeltmeleri ve İyonosferik düzeltme katsayıları ile almanak verileri mevcuttur. Navigasyon mesajları hem C/A-Kod ve hem de P-Kod üzerinden alıcıya aktarılır. Bununla birlikte GPS sistemini kontrol altında tutan ABD Savunma Bakanlığı, navigasyon mesajlarının kullanımının kısıtlanması ve korunmasına yönelik bazı yöntemlerde geliştirmiştir. Bu uygulamalardan biri, GPS kullanıcılarının PPS (*Precise Positioning Service*) ve SPS (*Standard Positioning Service*) adları altında ayrılmasıdır (US Army Corps of Engineers, 1996:8-9).

PPS grubu kullanıcılar, taşıyıcı frekanslar üzerinden gelen ve diğer sinyallerden daha hızlı olarak çok daha hassas konum bilgileri sağlayan P-Kod bilgilere doğrudan ulaşabilmektedirler. P-Kod Anti-Spoofing (A/S) olarak adlandırılan yöntemle şifrelenmiştir, bu şifre sistemiyle hem P-kodun taklit edilmesi engellenmekte hem de her kullanıcının bu koda ulaşması önlenmektedir. Günümüzde P-Kod alıcıların kullanımı ABD Savunma Bakanlığı'nın iznine bağlıdır ve bilindiği kadarıyla ABD ile NATO askeri güçleri tarafından kullanılmaktadır.

SPS grubunu sivil kullanıcılar oluşturur, eldeki alıcının türüne bağlı olarak L1 ve L2 taşıyıcı sinyalleri üzerindeki C/A kodlarını kullanmaktadırlar. SPS grubu kullanıcılara 1990 yılında güvenlik gerekçesiyle S/A (*Selective Availability*) koruması başlatılmıştır. Bu koruma yönteminde navigasyon mesajıyla gelen uydu yörünge ve saat düzeltme bilgileri değiştirilmekte, sivil kullanıcıların hassas konum belirleme yapması engellenmekteydi. Uygulama 1 Mayıs 2000 tarihinde son verilmiş ve sivil GPS kullanıcılarının daha doğru konum bilgileri elde etmesi sağlanmıştır. Yine sivil kullanıcılara yönelik olarak yakın gelecekte L5 adlı yeni bir taşıyıcı sinyalin (*1176.45 MHz*) faaliyete geçerek C/A-Kod yayınlaması da söz konusudur (Enge, 2003:11).

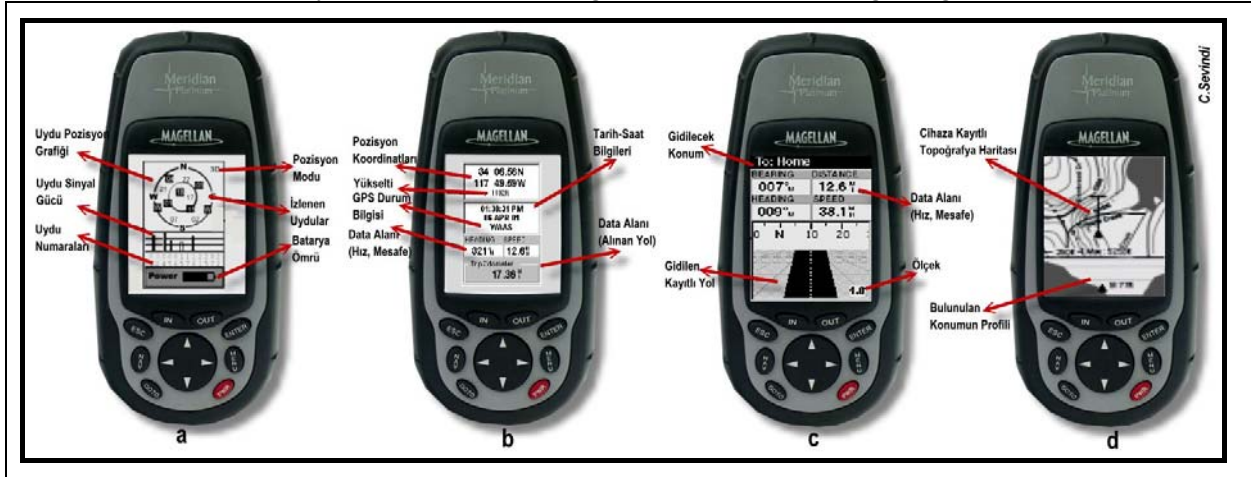
Uydulardan gönderilen ve içerinde navigasyon mesajlarının da bulunduğu radyo sinyalleri yeryüzündeki tüm GPS alıcılarına ulaşır, ancak bu aşamadan sonra santimetre yada metre duyarlılığında konum belirlemek bütünüyle alıcının türüne bağlıdır. Önceki bölümlerde değinildiği üzere, hassas konum bilgilerine sahip olmaya yarayan P-Kod şifresini sadece farklı donanım ve yazılım kullanan askeri kullanıma açık alıcılar çözebilmektedir. Sivil kullanıcı GPS alıcıları ise sadece C/A-Kod ölçümü yapabilirler. Bu yönüyle GPS alıcılarını temelde askeri (P-Kod, C/A-kod) ve sivil alıcılar (C/A-kod) şeklinde gruplandırabiliriz (www.aselsan.com.tr). Sivil alıcılar ise, kullanım amaçlarına göre L1 frekansında çalışan C/A kod ölçümü yapan el GPS alıcıları ve L1-L2 frekansında taşıyıcı dalga fazı ölçülebilen C/A-Kod ölçümü yapabilen jeodezik GPS alıcılar şeklinde ayrılırlar (Fotoğraf 2). Şunu belirtmek gerekir ki kod (P,C/A) ölçümlerinde temel prensip, sinyalin uydudan

çıkıp alıcıya ulaştığı zamana kadar geçen sürenin belirlenerek ışık hızıyla çarpılmasıdır. Taşıyıcı dalganın (L1-L2), faz ölçümlerinde ise uydudan gönderilen sinyalin fazı ölçülür. Her iki ölçüm şeklinde de alıcı saatiyle, uydu saati dikkate alınmaktadır.



Fotoğraf 2. GPS alıcıları a)-P-Kod yorumlayabilen askeri amaçlı GPS b)-Jeodezik amaçlı GPS c)-Sivil kullanıcı portatif el GPS'i d)-Renkli ekran portatif el GPS'i .

GPS alıcılarıyla yapılan konum belirleme çalışmalarında iki temel yöntem bulunmaktadır. Bunlar mutlak konum belirleme ve rölatif konum belirlemedir. Mutlak konum belirleme yönteminde, tek bir alıcı ile dört veya daha fazla uydudan kod gözlemleri yapılarak alıcının bulunduğu noktanın koordinatlarının belirlenir (Fotoğraf 3). Alıcının sabit olması durumunda statik, hareketli olması durumunda kinematik konum belirleme olarak tanımlanır. Rölatif konum belirlemede ise koordinatları bilinen bir noktaya göre diğer nokta ya da noktaların koordinatlarının belirlenmesi söz konusudur. Konum belirleme için iki ayrı noktada kurulmuş olan alıcılar ile aynı uydulardan eş zamanlı kod ya da faz gözlemleri yapılır ve eldeki matematiksel formüllerle istenen noktaların koordinatları belirlenir (Kahveci ve Yıldız, 2001:108-116). Yapılan çalışmanın kapsamına ve ölçümlerde aranan hassasiyete göre bu yöntemlerden biri tercih edilir. Ancak genel olarak rölatif konum belirleme yöntemlerinin, mutlak konum belirleme yönteminden çok daha güvenilir sonuçlar verdiği bir gerçektir.



Fotoğraf 3. Standart GPS ekranları a)-Uydu durum ekranı b)-Pozisyon ekranı c)-GPS'e önceden konumu kaydedilmiş bir noktaya navigasyon ekranı d)-Harita ekranı (opsiyonel olarak harici bellek ile GPS'lere sayısal topoğrafik veriler yüklenebilmektedir).

Konum, yükselti ve hareket halinde hız belirleyebilen GPS alıcıları çeşitli nedenlerden dolayı hatalı sonuçlar verebilirler. Hatalı ölçümler uydu kaynaklı olabileceği gibi, atmosferik kaynaklı veya ölçüm yapılan alanın özellikleriyle ilgili olabilir. Alıcıya gönderilen uydu yörünge ve koordinat bilgileri ile saat bilgilerindeki hatalar uydu kaynaklı kabul edilir ve ölçüm sonuçlarını büyük ölçüde etkiler. Diğer taraftan uydu sinyalleri atmosfer içerisinde yol alırken, özellikle İyonosfer ve Troposfer katmanlarından etkilenmektedir. İyonosfer uydu sinyallerinin yön değiştirmesine yol açarken, Troposfer'in özellikle alt katmanlarındaki su buharı sinyalleri yeryüzüne ulaşmasını geciktirmektedir (Corrigan ve Et Al,1999:44-48). Ayrıca alıcının kullanıldığı sahadaki doğal ve beşeri yapıların yoğunluğu da ölçüm hassasiyetini belirleyebilmektedir. Bu yapılar, uydu sinyallerinin kırılarak değişik yönlerden yansıtılmasına ve alıcıların bu sinyalleri de dikkate alarak hatalı sonuçlar vermesine neden olmaktadır. Söz konusu hata kaynaklarının varlığı GPS alıcılarıyla yapılan ölçümleri kuşku hale getirmemektedir, nitekim İyonosfer etkisi navigasyon mesajı içindeki düzeltmelerle en az indirgenmekte, troposfer etkisi çeşitli yazılımlar ile ortadan kaldırılabilmektedir. Çevresel etkilerin azaltılmasında ise büyük ölçüde kullanıcının tecrübesi ve dikkati ön plana çıkmaktadır. Özellikle rölatif konum belirleme yöntemleriyle santimetre duyarlığında ölçümlerin yapılabildiği unutulmamalıdır.

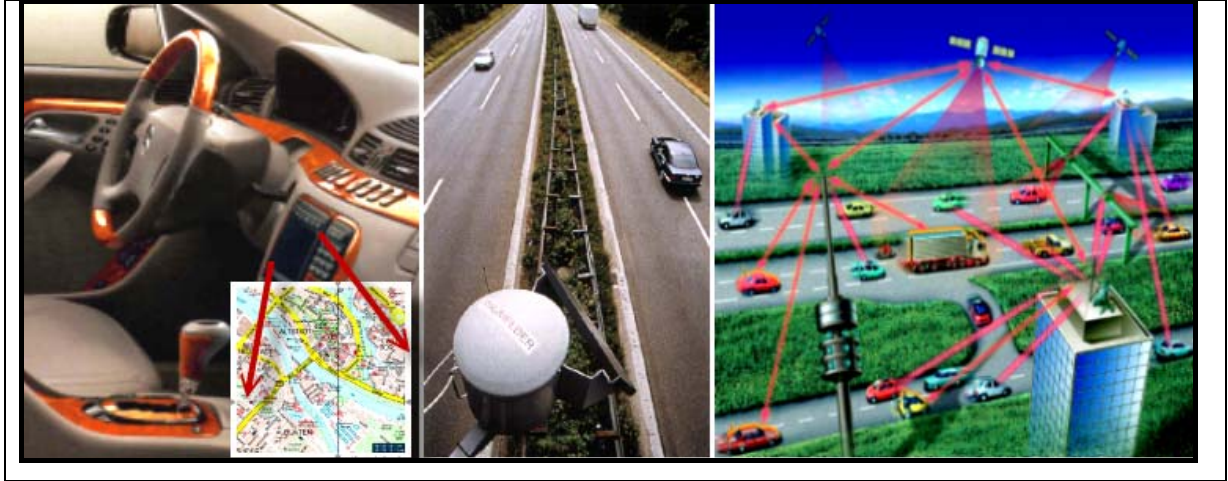
4. GPS Alt Teknolojileri ve Sistemin Geleceği

Sivil GPS kullanıcılarına güvenlik gerekçesiyle 1990 yılından itibaren uygulanan S/A korumasının (navigasyon mesajında değişiklik yapılması) 2000 yılında kaldırılmasıyla, alıcıların daha güvenilir konum bilgilerine ulaşması mümkün olmuştur. Bu gelişme, özellikle sivil GPS alıcılarının yaygınlaşmasının önemli bir nedenidir. Bununla birlikte, günümüzde farklı amaçlarla dizayn edilmiş bir çok elektronik araç-gerece GPS sinyallerini toplama ve yorumlama özelliğinin de eklendiği dikkati çeker. Temelde başka fonksiyonların ön planda olduğu bu grup GPS alıcılarını, alt teknolojiler olarak adlandırmak mümkündür.

Üç boyutlu konum belirleme fonksiyonu bulunan cep telefonları, kol saatleri, PDA ve Pocket-PC'leri (avuçiçi bilgisayarlar) bu konuda örnek verebiliriz (Fotoğraf 4). Diğer taraftan taksi, ambulans, itfaiye, banka ve polis araçlarını izleme-yönlendirme sistemleri, DGPS (*Differential GPS*) uygulamaları da bütünüyle GPS teknolojisi üzerine geliştirilmiştir. Farklı bilgi düzeyindeki kullanıcılar göz önüne alınarak bu tür sistemlerde, görsellik ön plana çıkarılmıştır ve konum bilgileri çoğunlukla sayısal haritalar üzerinde verilmektedir (Fotoğraf 5).



Fotoğraf 4. GPS sinyallerini yorumlayabilen elektronik araçlar a)-Pocket-PC b)-PDA cihazı c)-Cep telefonu d)-Kol saatleri



Fotoğraf 5. İtfaiye, polis, banka araçlarının, ambulans ve taksilerin takip edilmesinde ve yönlendirmelerinde GPS teknolojisinden büyük ölçüde yararlanılmaktadır. Bu gruba yakın zamanda özel otomobillerde dahil edilmiştir.

Dünya genelinde 2002 yılı itibarıyla 12 milyar USD'lık pazara sahip olan GPS teknolojilerinin, 2006 yılında daha da büyüerek 34-41 milyar USD'a ulaşması beklenmektedir (www.gpsworld.com). GPS teknolojilerinin özellikle otomotiv sektöründe yaygınlaşacağı konusunda ortak bir kanaatin olduğunu belirtmek gerekir (US Department of Commerce,1998:22-23). Bu konuda gelişen bir diğer sektörde, GPS yazılımlarıdır. GPS ölçümlerinin değerlendirilmesinde yönelik olarak özellikle 1980'li yıllardan itibaren yüksek doğrulukta sonuçlar üretebilen bir çok yazılım üretilmiştir. Jeodezik çalışmalara yönelik bu programlar arasında BERNESE (*University of Berne, Switzerland*), GAMIT (*MIT, USA*) ve GIPSY (*California Institute of Technology, USA*) sayılabilir. Bu profesyonel yazılımların dışında, tespit edebildiğimiz kadarıyla GPS verilerini bilgisayarlarda görsel hale getiren 27 yazılım bulunmaktadır.

Geçmişteki uzay programlarına benzer şekilde GPS'te gelecekte yerini daha gelişmiş sistemlere bırakacaktır. Geleceğin programları içerisinde kuşkusuz en önemlisi GALİLEO'dur. Avrupa Birliği'nce yürütülmekte olan bu proje, 30 konum belirleme uydusundan oluşacak ve sivil kullanıcılara 1 metre duyarlılığında konum belirleme imkanı sağlayacaktır. Maliyeti 3.2 milyar Euro civarında olan projenin 2008 yılında tamamlanması planlanmaktadır (<http://europa.eu.int>). GALİLEO, Avrupa ülkelerinin konum belirleme konusunda ABD'ne olan bağımlılığını ortadan kaldıracaktır.

5. Coğrafya Araştırmalarında GPS Alıcılarından Yararlanma

Coğrafya araştırmalarında olduğu kadar, arazide toplanan bilgilerin konumlarıyla birlikte değerlendirildiği tüm bilim dallarında GPS teknolojisinden yararlanılmaktadır. *Verilere ait konum bilgilerinin belirlenmesinde, eldeki/önceki verilere ait konum bilgilerinin denetlenmesinde ve verilerde zamana bağlı değişimlerin izlenmesinde* GPS alıcıları yaygın olarak kullanılır. Alan çalışmasının amacına bağlı değişimle birlikte GPS ile veri toplama konusunda iki yöntem bulunmaktadır. Klasik olarak adlandırabileceğimiz yöntemde, konumu belirlenecek nokta üzerindeyken alıcının pozisyon ekranı (fotoğraf 3-b) bölümüne geçilir ve buradaki konum (kullanılan projeksiyon sistemleriyle birlikte), yükselti bilgileri arazi defteri veya GPS karnesine aktarılır. İkinci yöntemde ise GPS alıcısı dışında dizüstü bilgisayara, bağlantı kablosuna, altlık olarak kullanılacak amaca uygun sayısal haritalara-uydu görüntüleri ve GPS yazılımlarına veya tercihen GPS bağlantısı kabul eden CBS yazılımlarına ihtiyaç vardır. Daha kompleks yapıda ve daha fazla teknik bilgiye ihtiyaç duyulan bu yöntemden hassas sonuçlar elde etmek mümkündür. Ayrıca bu yöntemde tüm bilgiler anında bilgisayara kaydedilebilmekte ve çok kısa sürede amaca uygun haritalar üretilebilmektedir.

GPS alıcıların bir özelliği olarak, izlenen rotalar alıcı belleğine bir ad verilerek kaydedilebilmektedir. Aynı konuma yeniden gidilmek istendiğinde, GPS belleğinden rota çağırılmakta ve ekrandan takip edilmektedir. Bu özelliği günün her saatinde ve her tür hava koşulunda kullanmak

mümkündür. Kuşkusuz bunun en önemli avantajı arazide önceden tespit edilmiş coğrafi bir unsura (mağara, göl, v.b) harita bilgisine sahip olunmadan, istenildiğinde, zaman kaybı olmaksızın ulaşılabilmesidir. Arazi çalışmalarında belirlenmiş bir noktaya ulaşma zamanının önceden bilinmesi de önemlidir. GPS alıcılar hareket halindeyken hız bilgisini tespit ettiğinden, hedef noktaya ulaşma zamanı kullanıcıya anında bildirilmektedir. Kullanıcı yürüyüş temposunu, mola ya da kamp kararlarını alıcının hesap ettiği ulaşma zamanını dikkate alarak risksiz olarak verebilmektedir.

GPS alıcıları aracılığıyla bir noktanın konum ve yükselti bilgilerini klasik yöntemle toplama konusunda diğer bölümlerde verilmiş bilgiler yeter düzeydedir, ayrıca ek bilgilere ihtiyaç bulunmamaktadır. GPS alıcıların bilgisayar destekli kullanımı konusunda ise kullanıcıların harita projeksiyon sistemleri, sayısal haritaları oluşturma-kullanma yöntemleri, uydu fotoğraflarından yararlanma teknikleri, CBS-Uzaktan Algılama yazılımları konusunda bilgi sahibi olması gereklidir. Uydu fotoğrafları, sayısal haritalar, sayısal yükseklik modelleri, profesyonel CBS-Uzaktan Algılama yazılımları gibi konular tamamıyla farklı alanlar olduğundan, çalışmamızda sadece bu alanların GPS alıcılarıyla ilişkileri üzerinde durulmuştur.

Aşağıda örnek olarak verilmiş GPS uygulama görüntüleri Magellan Meridian Platinum ve Magellan GPS 315 modeli alıcılar, Pentium 4 tabanlı dizüstü bilgisayar, bağlantı kablosu, TNT Mips-Autocad Map ve diğer yazılımların kombinasyonu ile elde edilmiş olup görüntü düzeltmeleri Photoshop programı ile yapılmıştır (Fotoğraf 6,a-b; 7,a-b; 8). Bu düzenek BOTAS doğalgaz çalışmalarıyla ilgili olarak Doğu Karadeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki 1300 kadar sanayi tesisinin konum belirlemesi ve haritalanmasında da kullanılmış, başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Aşağıda verilen örneklerin tamamı tarafımızdan değişik tarihli arazi çalışmalarında toplanan verilerden hazırlanmıştır. Bu konuda onlarca örnek vermek mümkün olmakla birlikte, seçilmiş örnekler GPS destekli yapılabilecek çalışmalar konusundaki tüm kombinasyonları kapsar. Erzurum ovası bataklıklarında mevsimsel alan değişimleri, Sarıkamış sarıçam orman alanlarındaki 1978-2005 dönemi değişimler, Aras vadisi heyelanlarının izlenmesi, Kars sayısal şehir planının oluşturulması gibi çalışmalar devam etmekte olan ve GPS alıcıların etkin olarak kullanıldığı bazı örneklerdir.

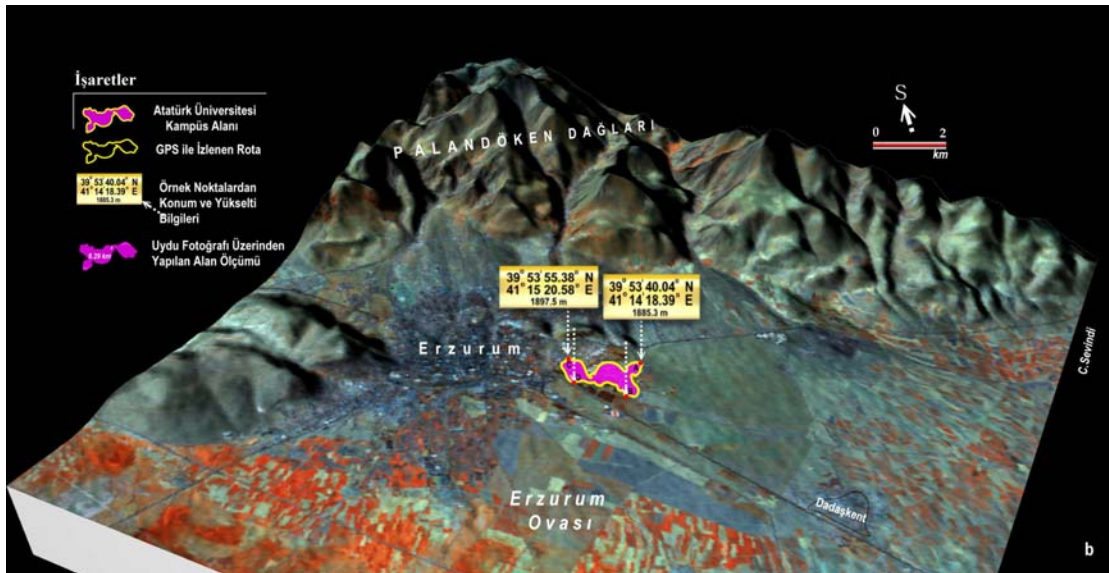
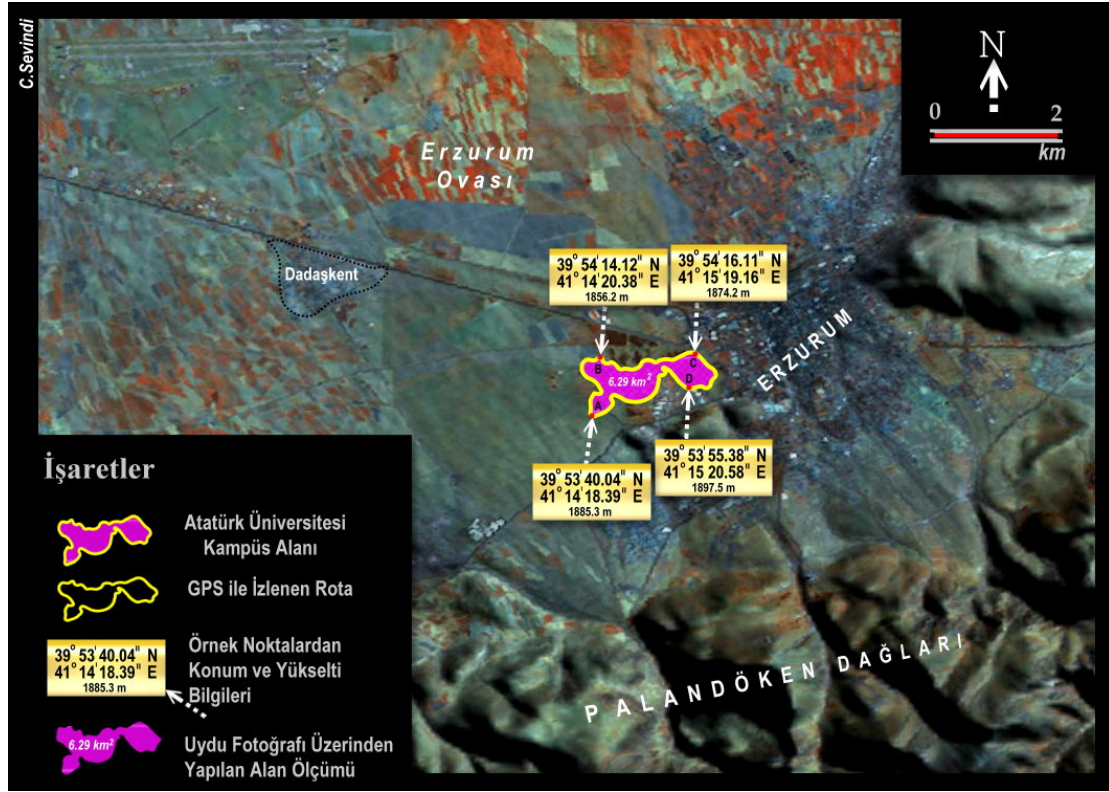
6. Sonuç

NAVSTAR-Küresel Konum Belirleme Sistemi, GPS'in incelendiği bu çalışmada; sistem hakkında temel bilgiler verilip, alt teknolojileri incelenmiş, yazılım destekli kullanımı üzerinde durularak, coğrafya araştırmalarına uyarlanabilirliği konusunda sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışmanın uygulama bölümü için el tipi GPS alıcısı ile kullanılmış, mutlak-kinematik yöntemle tüm bilgiler önceden sayılaştırılmış haritalar ve uydu fotoğraflarına eş zamanlı yerleştirilmiştir. Varılan sonuçları şöyle sıralayabiliriz.

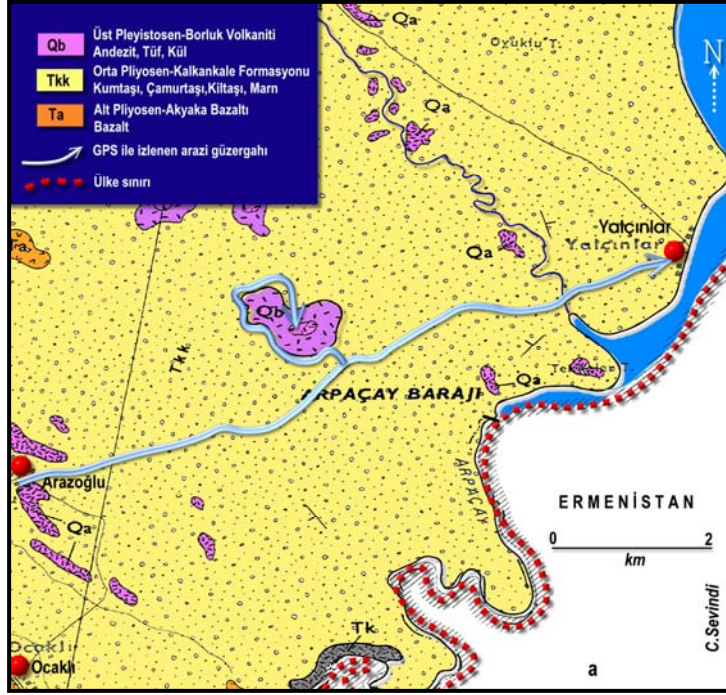
Klasik konum ve yükselti belirleme yöntemlerine oranla, GPS alıcılar ile günün her saatinde, tüm hava koşulları altında konum ve yükselti bilgileri sağlayabilmektedir. Özellikle sivil GPS kullanıcılarına güvenlik gerekçesiyle uygulanan S/A korumasının (navigasyon mesajında değişiklikler yapılması) 2000 yılında kaldırılmasıyla, alıcıların daha güvenilir konum bilgilerine ulaşması mümkün olmuştur. Daha önceden ± 100 metre olan kadar olan konum belirleme hassasiyeti, 2000 yılından sonra el tipi GPS alıcılarında ± 15 metreye kadar inmiştir. Bununla birlikte rölatif konum belirleme yöntemleriyle milimetre duyarlılığında ölçümler yapmakta söz konusudur. Ancak coğrafi çalışmalar için mutlak statik ve mutlak kinematik ölçüm yöntemlerinin yeterli olduğunu söyleyebiliriz. GPS ile doğru konum bilgilerine ulaşmada bazı ayrıntıların önemli olduğu yaptığımız arazi çalışmalarında da ortaya çıkmıştır. Alıcı anteninin gökyüzünü görmesi, en az dört uydudan sinyal alınması, ölçüm yapılan alanda doğal ve beşeri yapıların yoğun olmaması ve alıcı kalibrasyonu sonuçları doğrudan etkileyen kullanıcıya bağlı etkenlerdir.

Arazi çalışmalarında GPS kullanımının başka avantajları da belirlenmiştir. Özellikle eldeki/önceki verilere ait konum bilgilerinin denetlenmesinde ve verilerde zamana bağlı değişimlerin

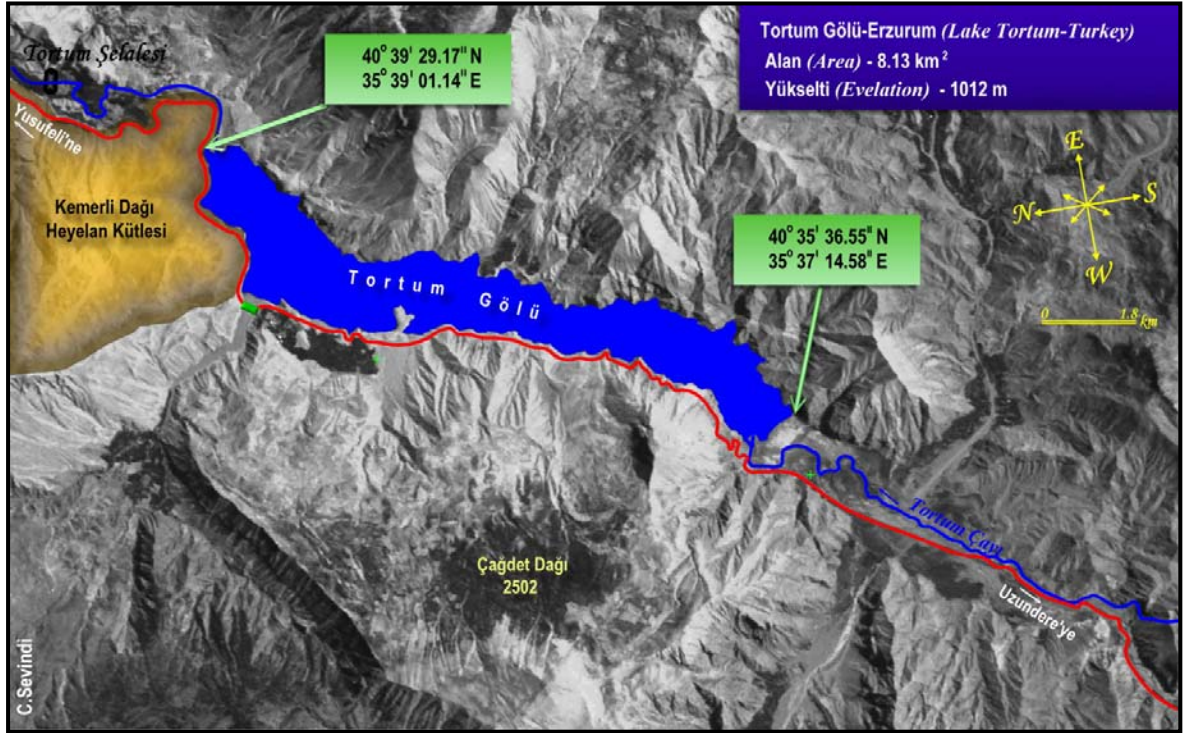
izlenmesinde GPS alıcıları güvenilir olarak kullanılabilir. Fakat kanaatimizce dizüstü bilgisayar ve yazılım destekli kullanımı son derece önemlidir. Bu yöntemle henüz sahadayken belirlenen tüm coğrafi özelliklerin bilgisayara konum bilgileriyle kayıt edilmesi mümkündür. Ayrıca sayısal harita altlığı nedeniyle hata yapılması ihtimalide azdır.



Fotoğraf 6. a)-Alan ölçümlerinde GPS alıcılarından yararlanma (1:25000 ölçekli topoğrafya haritasından hazırlanmış sayısal yükseklik modeli, Landsat-7 görüntüsü-2002) b)-Yapılan çayışmanın 3 boyutlu görüntü üzerine yerleştirilmesi.



Fotoğraf 7. a)-Sayısallaştırılmış 1:100 000 ölçekli Erivan-D37 jeoloji haritası içerisinde gezinti b)-1:100 000 ölçekli topoğrafya haritasından hazırlanmış sayısal yükseklik modeli, Landsat-7 görüntüsü (2003), Jeoloji haritası kombinasyonu içerisinde gezinti



Fotoğraf 8. Tortum gölüne ait konum, yükselti ve heyelan sahasına ilişkin bilgileri GPS yardımıyla toplandı.

Referanslar

- Blewit, G., 1997, "Basics of the GPS Technique: Observation Equations". Department of Geomatics, University of Newcastle, United Kingdom.
- Corrigan, T.M.-Et Al, 1999, "GPS Risk Assessment Study Final Report". Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Maryland.
- Enge, P., 2003, "GPS Modernization: Capabilities of the New Civil Signals". Australian International Aerospace Congress, 29 July-1 August 2003, Brisbane.
- Yinoulis, S.M., 1998, "The Transit Satellite Geodesy Program". Johns Hopkins University APL Technical Digest, Volume 19, Number 1, Washington.
- Kahveci, M.-Yıldız, F., 2001, Global konum Belirleme Sistemi (Teori-Uygulama). Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Yomralıoğlu, T., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri (Temel Kavramlar ve Uygulamalar). Seçil Ofset, İstanbul.
- The International Trade Administration U.S. Department of Commerce Office of Telecommunications, 1998, GPS Market Projections and Trends in the Newest Global Information Utility, Washington DC.
- US Army Corps of Engineers, Department of Army, 1996, NAVSTAR Global Positioning System Surveying. s.8-9, Washington DC.
- http://www.glonass-center.ru/hist_e.html,
- <ftp://tycho.usno.navy.mil/pub/gps/>
- <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html#DODSystem>
- http://www.aselsan.com.tr/DERGI/eylul96/kuresel_fr.htm
- <http://www.gpsworld.com/gpsworld/article/articleDetail.jsp?id=8477>
- http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/documents/technical_en.htm