This watermark does not appear in the registered version - http://www.clicktoconvert.com

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MOTORİZE GPSSİT (GPS SERBEST İSTASYON TEKNİĞİ)'İN UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Muhammed Fatih SELÇUK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ
ANABİLİM DALI
Konya, 2008

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MOTORİZE GPSSİT (GPS SERBEST İSTASYONTEKNİĞİ)'İN UYGULANABİLİRLİĞİN ARAŞTIRILMASI

Muhammed Fatih SELÇUK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ

Bu tez 03.07.2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç Dr. İbrahim KALAYCI
(Danışman)

Prof. Dr. Cevat İNAL
(Üye)

Yrd. Doç Dr. Özşen ÇORUMLUOĞLU
(Üye)

This watermark does not appear in the registered version - http://www.clicktoconvert.com

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **iii**
TEŞEKKÜR ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
TABLO LİSTESİ ..... **x**
KISALTMA LİSTESİ ..... **xi**
1.GİRİŞ **1**
2. GPS (KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ) **6**
2.1. GPS Uzay Bölümü 7
2.2. GPS Kontrol Bölümü 9
2.3. GPS Kullanıcı Bölümü 10
2.4. GPS Ölçü Türleri 12
2.4.1. Kod ölçüleri (pseudorange uzaklıklar) 12
2.4.1.1. Duyarlılık ölçütü (DOP etkeni) 14
2.4.2. Taşıyıcı dalga faz farkı ölçüleri 15
2.4.3 Temel GPS gözlemleri ile türetilen Fark Gözlemleri 16
2.4.4. Tekli farklar yöntemi (single differences) 17
2.4.5. İkili farklar yöntemi (double differences) 18
2.4.6. Üçlü farklar yöntemi (triple differences) 19
2.5. Konum Belirleme Yöntemleri 20
2.5.1. Mutlak konum belirleme 20
2.5.2. Göreli (bağıl) konum belirleme 21
2.5.2.1. Statik ölçü yöntemi 22
2.5.2.2. Hızlı statik ölçü yöntemi 23
2.5.2.3. Tekrarlı ölçü yöntemi 24
2.5.2.4. Stop and Go (dur-git) yöntemi 25
2.5.2.5. Kinematik ölçü yöntemi 26
2.6. Dünya Jeodezik Referans Sistemi–1984 (WGS–84) 29
3. KLASİK DETAY ALIM YÖNTEMLERİ **30**
3.1. Bağlama Yöntemi 30
3.2. Ortogonal Yöntem (Dik Koordinat Yöntemi) 32
3.3. Ölçülerin Kontrol Edilmesi 34
3.4. Kestirim Yöntemleri 35
3.4.1. Açı kestirim yöntemi 35
3.4.2. Uzunluk kestirim yöntemi 36
3.5. Kutupsal Alım Yöntemi 37
3.6. Serbest İstasyon Yöntemi 41
3.6.1 Serbest istasyonun tanımı 41
3.6.2 Serbest istasyon noktasının hesabı için ölçü ve veriler 42
3.6.3 Yerel koordinatların hesabı 44
3.6.4 Serbest istasyon noktasının konum doğruluğu 45
4. GPS SERBEST İSTASYON TEKNİĞİ (GPSSİT) İLE DETAY ALIMI **49**
4.1. GPS Serbest İstasyon Tekniği (GPSSİT) 52
4.2.GPSSİT'de Tek Tribrach (TeT) Tekniği İle Zorunlu Merkezlendirme 54
4.3. GPS Serbest İstasyon Tekniği Total Station İle Kutupsal Alım (GPSSİT/TSK) 58

This watermark does not appear in the registered version - http://www.clicktoconvert.com

5. MOTORİZE GPSSİT Yöntemi 62
5.1. Uygulamalarda Kullanılan Donanım ve Yazılımlar 66
5.1.1 MOTORİZE GPSSİT yöntemi ile kullanılan donanım ve yazılımlar 66
5.1.2 Klasik yöntem ile kullanılan donanım ve yazılımlar 66
5.2 Motorize GPSSİT Detay Alımı Çalışmaları 67
5.3. Motorize GPSSİT Yöntemi İçin GPS Verilerinin Değerlendirilmesi 68
5.4. Motorize GPSSİT Yöntemi İçin TS Verilerinin Değerlendirilmesi 70
6. UYGULAMALAR 72
6.1. Uygulama Alanının Tanıtımı 72
6.2. Uygulama Sonuçları Ve Değerlendirilmesi 72
6.2.1. Yöntemlerin karşılaştırılması 72
6.2.2 Doğruluk ölçütleri analizi 73
6.2.3 Maliyet analizi 74
6.2.3.1 GPS ile alımı yapılan detayların klasik yöntem için maliyet analizi 74
6.2.3.2 GPS ile alımı yapılan detayların GPS-SİT/TSK için maliyet analizi 75
6.2.3.3.Alımı yapılan detayların MOTORİZE GPSSİT için maliyet analizi 76
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 78
8. KAYNAKLAR 82
Ek 1: Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği 86
Ek 2: 2002 yılına ait İller Bankası Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığı, Özel Teknik Şartnamesi 92
Ek:3 Klasik Yöntem ve Motorize GPSSİT Yöntem Koordinatları 93
Ek:4 GPSSİT Yöntem ve Motorize GPSSİT Yöntem Koordinatları 100
Ek:5 Klasik Yöntem ve GPSSİT Yöntem Koordinatları 110

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MOTORİZE GPSSİT
(GPS SERBEST İSTASYON TEKNİĞİ)'İN
UYGULANABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI

Muhammed Fatih SELÇUK

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İbrahim KALAYCI

2008, 117 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Cevat İNAL

Yrd.Doç Dr. İbrahim KALAYCI

Yrd. Doç Dr. Özşen ÇORUMLUOĞLU

Günümüzde, arazi detay alım çalışmalarında, klasik yöntemlerin yanı sıra GPS tekniği de artan bir yoğunlukta tercih edilir hale gelmiş bulunmaktadır. Tabi klasik yöntemlerin kendilerine özgü bazı problemleri olduğu gibi GPS tekniğinin de yetersiz kaldığı bazı durumlarla karşılaşılabilmektedir. Doğrudan alımı yapılamayan bina gibi detayların alımında günümüzde en çok kullanılan GPS teknolojisi ile

doğrudan alım yapılamadığı için, zemine nokta tesis edilip bu noktaların konumları GPS ile belirlenmekte ve bu noktalara dayalı olarak detay alımı gerçekleştirilmektedir. Zemine nokta tesisi ve zorunlu olarak bu noktaların kullanılması ek maliyet, zaman ve uygulama zorluğu doğurmaktadır. GPS'te karşılaşılan bu problemlerden biriside, GPS alıcılarına herhangi bir engelleme nedeniyle GPS sinyallerinin ulaşmama problemidir.

Bu çalışmada, benzer durumlarda tercih edilebilecek veya klasik yöntemlere alternatif olarak kullanılabilecek, GPS alıcısı ile Total Station (TS)'nın TeT (Tek Tribrach) yöntemi yardımıyla zorunlu merkezlendirmelerinin yapılarak birleştirilmesi esasına dayanan GPSSIT kutupsal detay alım yönteminin motorize hale getirilmiş şekli ve klasik kutupsal alım tekniği GPSSİT (GPS Serbest İstasyon Tekniği) kullanılarak MOTORİZE GPSSİT'in kullanılabilirliği araştırılmıştır. Motorize GPSSİT, diğer klasik tekniklere göre uygulama kolaylığı, zaman ve maliyet yönüyle avantajları büyük önem arz etmektedir. Motorize GPSSİT'in uygulanmasında günümüz teknolojisinin oldukça ekonomik bir şekilde bir arada kullanılması da bu çalışmanın önemini vurgulamaktadır. Motorize GPSSİT'in, Selçuk Üniversitesi Aleattin Keykubat Kampüsü içinde yer alan lojmanlar bölgesinde uygulaması yapılmış ve uygulama sonuçlarının uygulanabilirliği kanıtlanmış GPSSİT yöntemi referans alınarak doğruluk analizleri yapılıp avantajları ortaya konularak uygulanabilirliği gösterilmeye çalışılmıştır. GPSSIT yöntemi referans alınarak yapılan karşılaştırmalar sonucunda, Mp = ±4.48 cm konum hatası, Mh = ±4.26 cm yükseklik hatası olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, Motorize GPSSİT yönteminin detay alımında kullanılabilir yeni bir yöntem olabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: GPS, GPSSIT, Motorize GPS SIT, Detay Alımı, Total Station

ABSTRACT

Master Thesis

A STUDY ON APPLİABİLİTY MOTORİSED GPSSİT TECNIQUE

Muhammed Fatih SELÇUK

Selcuk University

Graduate School of Naturel and Applied Sciences

Department of Geodesy and Photogrammetry

Supervisor : Yrd. Doç. Dr. İbrahim KALAYCI

2008, Pages :117

Jurry : Prof. Dr. Cevat İNAL

Yrd. Doç. Dr. İbrahim KALAYCI

Yrd. Doç. Dr. Özşen ÇORUMLUOĞLU

Nowadays, GPS becomes a preferred technique among the others used for land measurements. As other techniques have their own systematic problems GPS also has its own. Since GPS technology which is intensively used in surveying application today, can not directly be employed to measure some details such as building boundaries, it is still a necessity to establish control points on the ground

and coordinate them by GPS and then measure the details by a total station set up on these control points. Establishment of control points on the ground and their compulsory use increase the cost and course of a detail surveying project.One of them is that GPS signals sometimes cannot reach to GPS receiver when thesignals are blocked by some obstacles such as tall buildings in urban areas. In this study, GPS-SIT is introduced as a system, which can overcome these sorts of problems and can be an alternative to the other used techniaues, and combines GPS and Total Station measurement techniques using a single tribrach during the land measurement on the ground.

However, GPSSIT technique is transferred into a motorised surveying technique adapted on a pickup by a low cost mechanism that enables GPS and laser total station integration. So that, this technique makes possible to measure details in a remote distance without establishing any control point on the ground and carrying out all measurement processes on a pickup not on the ground. Motorised GPSSIT provides great advantages in term of course and cost of work and applicability contrary to conventional surveying technique. Technique was applied to measure details in lodging area of Selcuk University, campus area. The results obtained in this area were then used to analyze the practical applicability of the technique by comparing the results from GPSSIT done on the ground surveying techniques.Using the differences between the results from Motorised GPSSIT Mp= ±4.48cm and Mh = ±4.26 cm respectively. According to the positioning errors, the new technique can be stated as an available technique to be preferred farland measurements.

Key Word: GPS, GPSSIT, Motorised GPSSIT, Detail Measurements, Total Station

1.GİRİŞ

GPS teknolojilerinin hızla gelişmesi, ölçüm duyarlığının bilim adamları ve mühendisler tarafından iyileştirilmesi, ABD, Avrupa Birliği (AB), Rusya vb. ülkeler tarafından yeni uydu sistemlerinin uygulama sahalarının tüm kullanıcılara açık hale getirilmesi nedeniyle bu sistemlere bağlı olarak birçok detay ölçüm sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemlerden özellikle **LIDAR** (Light Detection and Ranging) sistemleri ile **UA** (Uzaktan Algılama) sistemlerinin birlikte denizcilikte kullanılması, Lidar ve mobil haritalama sistemlerinin entegrasyonu ve bunun üç boyutlu dijital harita yapımında kullanılması, Mobil Robotlar ile simültane dijital harita sistemlerinin konum belirlemede ve denizcilikte kullanılması, **MMS** (Mobile Mapping System) ve Lidar teknolojilerinin bütünleştirilmesi ile yol v.b. detayların geometrik ve tematik haritalarının oluşturulması, **GPS** ve **INS** (Inersiyal Navigation System) sistemleri ile yol haritalarının oluşturulması, MMS entegreli araçlar ile yol genişliği yol açısı ve dikey işaretlerin haritalandırılması, Mars yüzeyinin üç boyutlu topoğrafik haritalandırılması amacıyla üzerinde Pancam (Panaromik Camera) ve Navcam (Navigation Camera) monte edilen yüzey araçlarının kullanılması, insansız helikopterlere monte edilen GPS anteni, INS sistemi ve Video kamera yardımıyla üç boyutlu arazi modellerinin oluşturulması v.b. birçok uygulama GPS teknolojilerinin günümüzdeki ulaştığı nokta ve insanlığa getirdiği yararlarını görme açısından önemlidir.

GPS teknolojisinin gelişmesiyle birlikte detay noktalarının alımında detayların üretim hızı ve konum doğruluğunu arttıran, üretim maliyetlerini azaltan, karşılaşılan problemlere çözüm üretebilen GPS teknolojileri ile uyumlu yeni detay alım yöntemlerinin geliştirilmesi teknolojik ve bilimsel gereksinim olarak karşımıza çıkmaktadır. GPS'in yersel yöntemlere göre ölçüm duyarlılığının ve hızının daha yüksek olması bu yöntemlerle jeodezik ölçüm yöntemlerinde büyük oranda ölçü kolaylığı sağlaması, bu sistemlerin harita sektöründeki kullanımına son yıllarda büyük bir ivme kazandırmıştır.

Bununla birlikte GPS teknolojilerinin kullanımı sadece ana ve yardımcı referans (nirengi, poligon vb.) noktalarının konumlandırılması ile sınırlı kalmış, GPS teknolojilerinin aplikasyon veya detay alımı uygulamalarında istenilen sıklıkta faydalanılamamıştır.

Son yıllarda GPS teknolojilerinin kullanımı aplikasyon ve imar uygulamalarında Real Time Kinematik (RTK) ve Stop and Go (Sonradan Değerlendirme) teknikleri biçimindeki kullanımı yaygınlaşmakla birlikte, bina, duvar, çit gibi yüksek yerlerin ölçülmesi durumunda bu teknikler de doğrudan kullanılamamaktadır. GPS'in veya GPS + GLONASS uydularının devre dışı kaldığı bu gibi durumlarda genelde tercih edilen yöntem ise, ölçümlere Total Station (TS) ile yersel olarak devam edilip, elde edilen değerlerin GPS verileri ile uyumlandırılması biçiminde olmaktadır. Bu sayede GPS'in kullanılamadığı çok sık ağaçlık bölgelerde, yüksek binalarla kaplı kent merkezlerinde, tünel vb. inşaat projelerinde yine GPS teknolojisinden faydalanmak mümkün olabilmektedir. Bu tür detay noktalarının alımında, zeminde tespit edilen noktaya Real Time Kinematik GPS gözlem tekniği veya Stop and Go (sonradan değerlendirme) ile konumlandırılıp bu noktadan başlanarak detay alımına geçilebilmektedir. Açık arazideki detay noktalarının konumunun belirlenmesinde ise, genel eğilim olarak Real Time Kinematik GPS gözlem tekniği veya Stop and Go (sonradan değerlendirme) gözlem tekniklerinin kullanılması önerilmektedir. Yukarıda anlatıldığı gibi GPS sistemleri ile direkt alımın yapılamadığı durumlarda karşımıza çıkan problem, GPS'in en önemli problemlerinden biri olan uydularla alıcılar arasında bir engelin bulunmasından kaynaklanan sinyal kesilmesidir. Bu gibi durumlarda günümüzdeki görüş; "ağaç, bina, duvar vb. gökyüzü görüşünü engelleyen durumlarda, klasik ölçülere olan gereksinim ortadan kalkmadığı" şeklindedir. Bununla birlikte duvar gibi GPS sistemleri ile birebir alımı yapılamayan bir detayın ölçümünde, zeminde nokta tesis zorunluluğunu ortadan kaldıran bir tekniğin kullanılması ve bu tür detayların ölçümünde yeni bir tekniğin kullanılması ile bu tür zorunlulukları ortadan kaldırmak mümkün olabilecektir.

Bu amaçla yapılan çalışmalarda böyle bir tekniği kullanan mobil bir detay alım yöntemi geliştirilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen GPSSİT (GPS Serbest İstasyon Tekniği)'ni kasalı mobil araç ve kasa üzerine monte edilebilen aparat ile kullanan ve bu tekniğin detay alımına (doğrudan alım yapılamayan noktalarda) uygulanmasını sağlamak amacıyla GPS-SİT/TSK (GPS Serbest İstasyon Tekniği Total Station İle Kutupsal Alım) detay alım yönteminde Stop and Go (Dur-Git) GPS gözlem tekniği kullanılarak zeminde nokta bağımlılığı ortadan kaldırılmakta ve GPS ile doğrudan alımı yapılamayan ağaç, bina, duvar gibi yüksek yapılar gibi detayların alım işlemleri çok pratik hale getirilmektedir.

MOTORİZE GPSSİT yöntemi bina veya GPS ile doğrudan alımı yapılamayacak detayların alımındaki bazı problemlerin çözümüne yönelik alternatif bir yöntem olarak geliştirilmiştir. MOTORİZE GPSSİT Yöntemi, GPS ile doğrudan alımı yapılamayan detayların alımında, Real Time Kinematik GPS gözlem tekniği veya Stop and Go (sonradan değerlendirme) gözlem tekniği de açık arazilerdeki detay noktalarının alımında kullanılmak üzere birlikte uygulanabilmektedir.

Yapılmış olan bu projede GPSSİT/TSK yöntemi ile Motorize GPSSİT yönteminin bütünleşmesi sağlanmıştır.

Doğrudan alımı yapılamayan bina gibi detayların alımında günümüzde en çok kullanılan GPS teknolojisi ile doğrudan alım yapılamadığı için, zemine nokta tesis edilip bu noktaların konumları GPS ile belirlenmekte ve bu noktalara dayalı olarak detay alımı gerçekleştirilmektedir. Zemine nokta tesisi ve zorunlu olarak bu noktaların kullanılması ek maliyet, zaman ve uygulama zorluğu doğurmaktadır.

Bu proje kapsamında yapılan uygulama ile araç üzerine kurulan bir düzenek yardımıyla GPS ve Lazer Total station verilerini birlikte değerlendirmek suretiyle ve detay noktalarının yanına gitmeden detay alımının yapılması gerçekleştirilmiştir. Mobil Detay Alım Tekniğinin diğer klasik tekniklere göre uygulama kolaylığı, zaman ve maliyet yönüyle avantajları büyük önem arz etmektedir. Mobil Detay Alım Tekniğinin uygulanmasında günümüz teknolojisinin oldukça ekonomik bir şekilde bir arada kullanılması da bu projenin önemini vurgulamaktadır. Tekniğin, klasik ve

diğer tekniklere göre doğruluk analizleri yapılıp avantajları ortaya konularak uygulanabilirliği gösterilmeye çalışılmıştır.

Üretilecek GPS destekli mobil detay alım sistemi veya haritalama sistemi, doğruluk ve hassasiyetten taviz vermeden ve detayla direkt temas etmeden, ayrıca poligon gibi yere tesis edilen ve bir haritalama işleminde % 60-70'lere varan böyle bir sabit nokta tesis maliyetini ortadan kaldırmakla birlikte tamamen sayısal ortamda veri üreten bir sistem olarak hız, modern ölçme tekniklerinin bütünleşmiş kullanımı (GPS ve Lazer uzaklık ölçer teknikleri), zaman, personel ve işgücü tasarrufu sağlayacak ve böylece konumsal veri üretiminde ekonomikliği gündeme getiren bir sistem olarak ülke ekonomisine katkı sağlamanın yanı sıra özellikle yerleşik alan olmak üzere tüm detay alım ve kadastral amaçlı çalışmalara ciddi bir ivme de kazandıracaktır**.**

Yapılan çalışma ile geliştirilen yöntem ve tekniklerle günümüzdeki geçerli GPS destekli detay alım tekniğinin karşılaştığı problemlerin ortadan kaldırılması ve bu teknik ve yöntemlerin, doğrudan alımı yapılabilen detaylar için geçerli GPS destekli detay alım yöntemi ile birlikte çalışılarak, sayısal bir haritanın üretilebilirliğinin araştırılması amaçlanmaktadır.

GPS sistemlerinin genel olarak en büyük dezavantajı, özellikle yapılaşma yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde konum doğruluğunun düşmesi veya yeterli uydu görüşünün sağlanmadığı durumlarda konum bilgilerini hesaplayamamasıdır. Ambiguity çözümünün uzamama koşulunun gereksinimi olan en az 5 uyduya bağlanma şartı ağaçlık alanlarda ve yüksek binaların bulunduğu kent merkezlerinde sağlanamayabilir. Fakat son yıllarda üretimine başlanan bazı tip alıcıların Rusların GPS'e alternatif olarak uzaya yerleştirdikleri ve GLONASS (Global Navigation Satellite System) adını verdikleri sisteme ait uydulardan da sinyal alabilmesi ve bu ölçüleri GPS ölçüleri ile birlikte kullanılabilmesi bu problemin büyük oranda aşılmasına olanak vermektedir. Çünkü bu tip alıcılar sayesinde GPS uydularının yetersiz kaldığı çoğu durumlarda bile GLONASS uydularının devreye girmesiyle birlikte minimum 5 uydu şartının çok üzerinde uydudan sinyal alınabilmektedir (Lewandowski, Azoubib, 1998). Bu dezavantajın giderilebilmesi için değişik alternatif çalışmalar da yürütülmektedir.

Bu gibi bölgelerde Avrupa Birliği (AB) tarafından desteklenen GALILEO uydularının 2008 yılı içerisinde devreye girmesiyle birlikte uydu alıcılarının gördüğü uydu sayısı artmaktadır. Ayrıca GPS sistemlerinin modernizasyonu çerçevesinde L5 sinyalinin de devreye girmesi halinde GPS sistemlerinin detay alımı veya aplikasyon amaçlı uygulamalar için de yaygın olarak kullanılmaları gündeme gelecektir.

2. GPS (KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ)

İnsanoğlunun tarihsel gelişimi içerisindeki en önemli gereksinimlerinden birinin, toplumsal gelişmeleri ile birlikte bulundukları yerin konumunu belirlemek olduğunu görmekteyiz. Yapılan arkeolojik araştırmalarda, ilk insanların evlerinden ayrıldıklarında çeşitli yerlere belirli işaretler koyarak yaşadıkları mağaralara geri dönebildiklerine ilişkin bilgiler edinilmiştir. Daha sonra birçok uygarlığın konumlarını, yıldızlara ve güneşe vb. gökcisimlerine göre belirlediklerini görmekteyiz. Yirmi birinci yüzyılın ortalarında yapılan konum ve zamanın belirlenmesine yönelik çalışmalar, haberleşme, meteoroloji, uzay çalışmaları son olarak da askeri uygulamalar için geliştirilmiş ve günümüzde hem sivil hem de askeri kullanımı olan GPS teknolojisi ile gelişmesine devam etmiştir.

Uzay tabanlı konumlama, ABD askeri kuvvetleri ve NASA tarafından 1960'lara doğru çalışılmaya başlanmıştır. Uzay tabanlı sistemlerden birisi TRANSİT'tir. TRANSİT ticari amaçlar için dünya çapında bir ağ kurmak ve geniş bölgelerde ölçümlerde bulunmak için 1967'de kullanılmaya başlanmıştır. Bu uydu sistemi parsel ve nirengi ölçümleri için gerekli doğruluğu sağlayamamaktadır ve bir günden fazla ölçüm yaparak ulaşılabilecek doğruluk 1 m.'nin altındadır. Burada kullanılan uyduların yüksekliği 1.100 km.'dir. Bu sebeple yerel yerçekiminden çok etkilenmektedir. Bu gibi dezavantajlar nedeniyle 1974 yılında ABD Savunma Bakanlığı navigasyon amaçlarını karşılamak amacıyla bir antlaşma imzalamış ve böylece NAVSTAR-GPS (Navigation Satellite Timing And Ranging – Global Positioning System)'in temelleri atılmıştır. ABD Savunma Bakanlığı 28 Haziran 1983 tarihinden itibaren de GPS'in kullanımını sivillere açmıştır (Arslan, 1997).

GPS;

- Uydu tabanlı,
- Doğruluğu son derece yüksek (yüksek presizyonlu) ,
- Kapsama sorunu olmayan (tüm dünyanın kapsama alanı içinde olduğu),
- 3 boyutlu (Enlem, Boylam ve Elipsoid Yüksekliği) bilgi üreten,
- Kesintisiz konum belirleme imkanı sağlayan,

- Kullanımı ücretsiz,
- Herhangi bir kullanıcı kısıtlaması olmayan,

Loran ve Transit sistemlerine alternatif bir sistemdir.

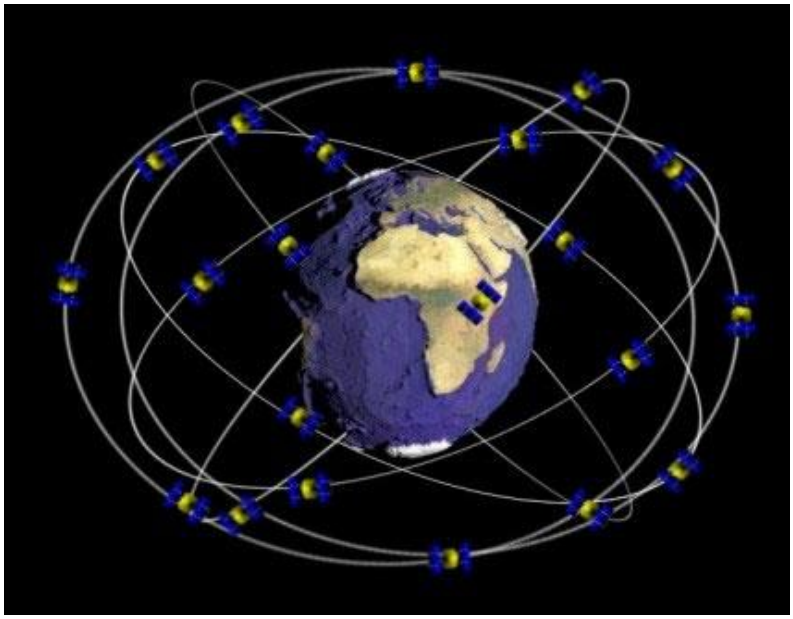
GPS üç ana bölümden oluşmaktadır.

I. Uzay bölümü.
II. Kontrol bölümü.
III. Kullanıcı bölümü.

2.1. GPS Uzay Bölümü

Uzay bölümünü oluşturan uydular üç seri uydu bloğundan oluşmaktadır. Birinci seri uydu bloğunu oluşturan Blok I uyduları 1978–1985 yılları arasında 11 uydu olarak uzaya fırlatılmış ve yörüngelerine yerleştirilmiştir. Bu uyduların ortalama ömrü 7.1 yıldı. Blok I uyduları test amaçlı uydular olup bu uydularla sistemin kullanılabilirliği ispatlanmış oldu. İkinci seri uydu bloğunu oluşturan Blok II – II A uyduları 1989–1995 yılları arasında toplam 28 uydu olarak yörüngelerine yerleştirilmiştir. Bu uyduların ortalama ömrü 8 yıldır. Üçüncü seri uydu bloğunu oluşturan Blok IIR uyduları, 1995–2000 yılları arasında toplam 5 uydu olarak fırlatılmıştır. Blok III uyduları tasarım aşamasındadır (Çorumluoğlu, 2000).

GPS uydularının ortalama dönüş zamanları 11^h58^m dır. Bu uyduların dünyaya uzaklıkları 20.200 km'dir. İçinde sinyal gönderici, sinyal kaydedici, anten, osilator ve mikroişlemci bulunan uydular ortalama 430 kg. ağırlığındadır. Dünyanın her yerinden en az 4, en çok 10 uydu gözleme imkanı verecek şekilde 6 ayrı yörünge düzleminde hareket etmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Gps uzay bölümü

Uydu, her biri 7,2 $m^{2'}$ lik iki adet güneş kollektörü ile elektrik enerjisini sağlar. Güneş enerjisi panellerinin yüzeyi güneşe dik gelecek şekilde tutulmaktadır. Uydunun güneşi görmemesi durumunda enerji sağlamak için uyduda 3 adet nikel-kadmiyum pil bulunmaktadır. Zaman ise 2 adet rubidyum, 2 adet sezyum atomik saatten üretilmektedir (Leick, 1990).

Bütün uydu sinyalleri temel frekans olan 10.23 MHz'den üretilmiştir. Temel frekans ise atomik saatlerden üretilir. Temel frekans 154 ile çarpıldığında L1 taşıyıcı dalga frekansı olan L1=1575,42 MHz, 120 ile çarpıldığında L2 taşıyıcı dalga frekansı olan L2= 1227,60 MHz elde edilir. P kodu temel frekans olan 10.23 MHz.'tir. C/A kodu ise temel frekansın 1/10'u yani 1.023 MHz.'tir. L1 taşıyıcı dalga boyu 19.05 cm, L2 taşıyıcı dalga boyu 24.45 cm, P kodunun dalga boyu 29.31 m. ve C/A kodunun dalga boyu ise 293,1 m.'dir.

L1 sinyali hem P hem de C/A kodu ile modüle edilmiştir. L2 sinyali ise sadece P kodu ile modüle edilmiştir. L1 ve L2 sinyalleri sürekli olarak navigasyon verileri (uydu mesajları) ile modüle edilmiştir.

2.2. GPS Kontrol Bölümü

Kontrol bölümü, Ana Kontrol ve Gözlem İstasyonlarından oluşmaktadır. Ana ve yer kontrol istasyonları ile gözlem istasyonları, sürekli olarak GPS uydularını gözleyerek, uydu yörüngelerinin belirlenmesini, uydu saat düzeltmelerinin hesaplanmasını ve her saat bu bilgileri içeren mesajların güncellenmesini sağlarlar (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: GPS ana kontrol ve gözlem istasyonları

Ana Kontrol İstasyonu (Colorado), gözlem istasyonlarından aldığı bilgi ile uydu yörünge ve saat parametrelerini hesaplar, daha sonra bu bilgileri mesaj halinde uydulara yüklemek üzere yer kontrol istasyonlarına gönderir. Gözlem İstasyonları, presizyonlu cesium saatler ve P kod alıcılar ile yaptıkları gözlemleri uydu yörüngelerini belirlemede kullanırlar. Yer Kontrol İstasyonları, gözlem istasyonları ile aynı yerde konuşlandırılmışlardır. Uydulara yükleme yapacak şekilde yer antenleri ve haberleşme hatları ile donatılmışlardır (Çorumluoğlu, 2000).

2.3. GPS Kullanıcı Bölümü

GPS uydularından yayılan sinyaller üzerinden bilgileri alarak yeryüzündeki bir noktanın konumlanmasını sağlayan alıcılar, GPS sisteminin kullanıcı bölümünü oluştururlar. Böyle bir gözlem seti şu bölümlerden oluşur (Şekil 2.3);

- GPS alıcısı ve yazılımı
- GPS anteni ve anten kablosu
- Alet sehpası
- Batarya
- Üçayak düzeç (tribrach)
- Güneş panelleri

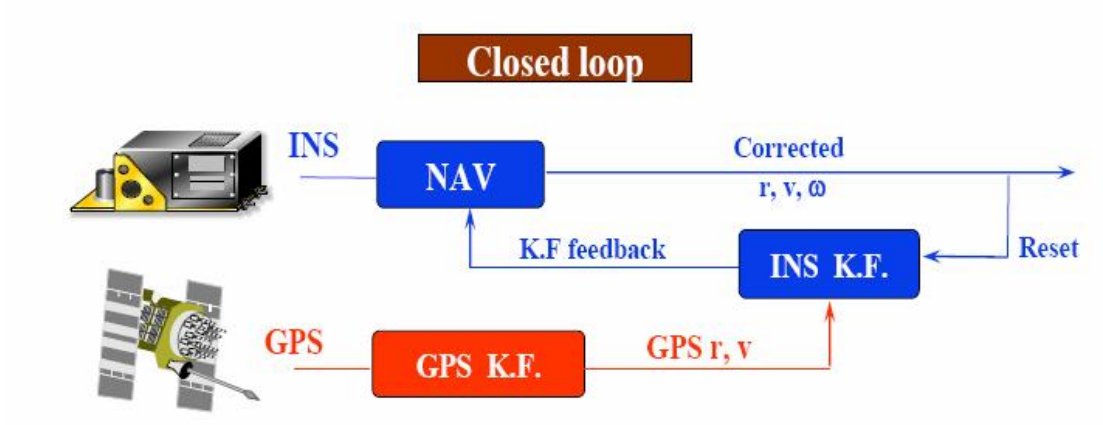


Şekil 2.3: GPS kullanıcı bölümü

Alıcılar, günümüzde GPS alıcıları tek frekanslı ve çift frekanslı olmak üzere iki tip üretilmektedir. Alıcının işlevi osilatörde üretilen sinyali, anten aracılığıyla alınan GPS sinyali ile Sinyal işlemcide karşılaştırarak sonucu mikro işlemciye gönderir ve burada kod ve faz ölçüleri oluşturur. Bu ölçüler kayıt ünitesine gönderilerek kaydedilir.

Bir GPS alıcısının işlevsel yapısı (Şekil 2.4)'de gösterilmiştir.

- Tek Frekanslı : L1 ve C/A-Kod
- Çift Frekanslı : L1, L2 ve C/A ayrıca P(Y)-Kod



Şekil 2.4: GPS alıcısının işlevsel yapısı

Alıcı antenlerinin kullanılan çok çeşitli tipleri vardır. En çok kullanılan anten tipleri arasında, manapole, helix, spiral helix, microstrip, choke ring sayılabilir. Anten uydudan gelen elektromanyetik dalgaları alır ve bunu elektrik enerjisine çevirir. Sinyalin gücünü yükselterek alıcının elektronik devresine gönderir. Alet Sehpası, GPS sinyallerinin alıcı antenine ulaşmasına mani engellerden alıcı antenini korumak ve anteni sabit nokta üzerine sabitlemek için kullanılır.

Üçayak düzeç (tribrach), anten ile sehpanın birbiriyle irtibatını ve antenin düzeçlenmesini sağlayan bir donanımdır. Optik çekül ve küresel düzeç ile donatılmıştır.

Batarya sistemin çalışabilmesi için gerekli olan enerjiyi sağlayan donanımdır. Güneş panelleri ise sistemin kullandığı bataryaları gün ışığında şarj etmek için kullanılırlar. 24 saat veri toplanmasını gerektiren yüksek doğruluklu konum belirleme çalışmalarında önemli bir yeri vardır.

2.4. GPS Ölçü Türleri

GPS ölçülerinin iki önemli tipi vardır. Bunlar pseudorange uzaklıkları (kod ölçüleri) ve taşıyıcı faz ölçüleridir. Kod ölçü teknikleri genellikle navigasyon amaçlı kullanılır. Yüksek doğruluk gerektiren ölçmelerde taşıyıcı faz ölçüleri kullanılır. Uygulamada, orijinal faz gözlemlerinin yalın olarak işlenmelerinden çok belirli kombinasyonlarının işlemden geçirilmesi yaygın olarak tercih edilen teknik olmuştur. Bu kombinasyonlar tekli, ikili ve üçlü farklardır. Bu kombinasyonların yapılması, uydu kaynaklı hataların, alıcı kaynaklı hataların ve bunların yanı sıra atmosferik hatalarla tam sayı faz bilinmeyenlerinin elemine edilmeleri veya çözümlerinin kolaylaştırılması amacını gütmektedir.

2.4.1. Kod ölçüleri (pseudorange uzaklıklar)

Kod Ölçüleri (Pseudorange uzaklık), uydu ile alıcı anteni arasında ölçülen uzunluktur. Sinyallerin alıcıya ulaşım zamanı, uydular tarafından ve alıcı tarafından üretilen belirleyici yapay kodlar olan PRN kodlarının korelasyonuyla ölçülür. Alıcıdaki kod izleme devresi maksimum korelasyon oluncaya kadar PRN kodunun içteki kopyasını değiştirir. Korelasyon oluştuğunda zaman ötelemesi yani zaman farkı belirlenir. Bu zaman farkı ışık hızıyla çarpılarak pseudorange uzaklık bulunur. Uydu ve alıcı saatinde kaçınılmayan saat hataları ve sinyaldeki gecikmeler ölçülen uzaklığın hatalı olmasına sebep olmaktadır. Pseudorange uzaklık ölçümü P veya C/A kodu ile yapılabilir. Troposferik ve iyonosferik yayılım gecikmesi, ölçülen pseudorange uzaklığını doğrudan etkileyen büyüklüklerdir.

Pseudorange uzaklık ölçümünün genel ifadesi;

$$c.\left[t_k + \Delta t_k - \left(t^p + \Delta t^p\right)\right] = \rho k^p + I_{k^p} + T_{k^p} \qquad (2.1)$$

Gerçek pseudorange uzaklığı ise;

$$P_{k^p} = (t_k - t^p).c \qquad (2.2)$$

olarak elde edilir. Burada;

c : Işık hızı (299792458 m/sn)

t_k : k alıcısı tarafından üretilen zaman

t^p : Uydu tarafından gönderilen nominal zaman

Δt_k : Alıcı saati zamanı ile GPS zamanı arasındaki fark (receiver clock offset)

Δt^p : Uydu saati zamanı ile GPS zamanı arasındaki fark (Satellite clock offset)

I_{k^p} : İyonosferik gecikme

T_{k^p} : Troposferik gecikme

ρk^p : Uydu ile alıcı arasındaki toposentrik uzunluk

2.4.1.1. Duyarlılık ölçütü (DOP etkeni)

DOP uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Geometrik uydu dağılımının navigasyon çözümünde elde edilen doğruluğu nasıl etkilediğini açıklayan kavram DOP (duyarlılığın ölçütü)'dur. DOP etkenleri dengelenmiş parametrelerin kovaryans matrisindeki köşegen elemanlarının basit fonksiyonlarıdır.

$$\sigma = DOP.\sigma_o \qquad (2.3)$$

σ : Konumsal standart sapma

σ_o : Gözlenmiş pseudorange uzaklığının standart sapması

DOP değerlerinin mümkün olduğunca küçük olması istenir. Uygulamalarda DOP'un farklı bileşenleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar;

$VDOP = \sigma_h$: Duyarlılığın düşey bozukluğu

$HDOP = (\sigma_n^2 + \sigma_e^2)^{1/2}$: Duyarlılığın yatay bozukluğu

$PDOP = (\sigma_n^2 + \sigma_e^2 + \sigma_h^2)^{1/2}$: Duyarlılığın konum bozukluğu

$TDOP = \sigma_t$: Duyarlılığın zaman bozukluğu

$GDOP = (\sigma_n^2 + \sigma_e^2 + \sigma_h^2 + \sigma_t^2.c^2)^{1/2}$:Duyarlılığın geometrik-konum ve zaman bozukluğudur.

Dört uydudan fazla uyduya gözlem yapıldığında dengeleme yapılır ve en iyi geometrik konfigrasyonu oluşturan dört uydu DOP kriteri ile belirlenir. DOP, uydu geometrisinin değişmesiyle epoktan epoka değişiklik gösterir ve uyduların konumları önceden tahmin edilebildiğinden çok çabuk hesap edilebilir (Leick, 1990). Dört uydunun en iyi konumlarında HDOP ve VDOP için ortalama değer 2 civarındadır (Arslan, 1997).

2.4.2. Taşıyıcı dalga faz farkı ölçüleri

Faz gözlemleri GPS ölçmelerinde en çok kullanılan gözlemlerdir. Taşıyıcı dalga fazı da pseudorange gözlemlerinde olduğu gibi aynı şekilde elde edilmektedir. Yani uydudan yayınlanan fazın benzeri alıcı içerisinde de üretilmekte ve bunlar arasında korelasyon sağlanmaktadır. Başka bir deyişle, faz gözlemi, t_s zamanında uydudan yayınlanan sinyalin (L_1, L_2) taşıyıcı fazı ile t_R zamanında alıcı tarafından üretilen referans sinyalin fazı arasındaki fark olarak tanımlanabilir.

Taşıyıcı dalga fazının dalga boyu P ve C/A kodlara göre daha kısa olduğundan, faz farkı ölçü duyarlılığı pseudorange ölçü duyarlılığından daha yüksektir.

Pseudorange gözlemi ile faz gözlemi arasındaki temel farklılıklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Kahveci, Yıldız, 2001) ;

- Pseudorange tam olarak ölçülürken, faz gözlemlerinde faz başlangıç belirsizliği (initial phase ambiguity ya da kısaca ambiguity) söz konusudur.
- Taşıyıcı dalga fazı iyonosferden geçerken hızlandığından iyonosferden dolayı faz gözlemlerine getirilecek olan düzeltme (-) işaretlidir. Oysa kod ölçüleri yavaşladığı için iyonosfer düzeltmesi kod gözlemleri için (+) işaretlidir.
- Faz ölçüm doğruluğu kod ölçüm doğruluğundan daha yüksektir.

GPS ölçmelerinde bu bölümün başında da ifade edildiği gibi pek çok hata etken olduğu için, GPS gözlemleri genellikle doğrudan kullanılamazlar. Bunun yerine birleştirilmiş gözlemlerden oluşan fark gözlemleri tercih edilirler.

2.4.3. Temel GPS gözlemleri ile türetilen fark gözlemleri

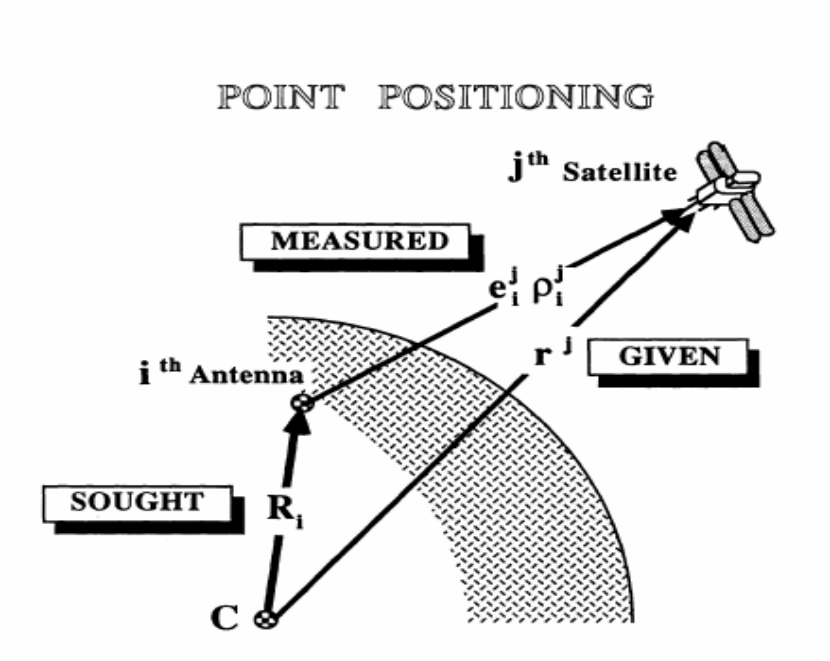
GPS ile iki temel büyüklük olan kod ve faz gözlemleri gözlenmektedir. Bu temel gözlemlere sıfır farklar (zero differences) adı da verilmektedir. Ancak, özellikle GPS gözlemlerinin değerlendirilmesi aşamasında bu temel gözlemlerin lineer kombinasyonlarının oluşturulması bir çok fayda sağlamaktadır.

Kod ve faz gözlemlerinden yararlanarak oluşturulan farklar yardımıyla alıcı saati hataları, uydu saati hataları ve faz başlangıç belirsizliği gibi bir çok ortak hata kaynağı giderilmektedir. Gözlem fark kombinasyonları farklı şekillerde oluşturulabilmektedir. Bunlar genel olarak;

- Alıcılar arasında
- Uydular arasında
- Ölçü epokları arasında ya da
- L_1 ve L_2 frekansları arasında yapılmaktadır (Kahveci, Yıldız, 2001).

2.4.4. Tekli farklar yöntemi (single differences)

Tekli farklar denince, iki farklı alıcı noktasında aynı uyduya eş zamanlı olarak yapılan faz gözlemleri arasındaki farklar anlaşılmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Tekli fark gözlemi

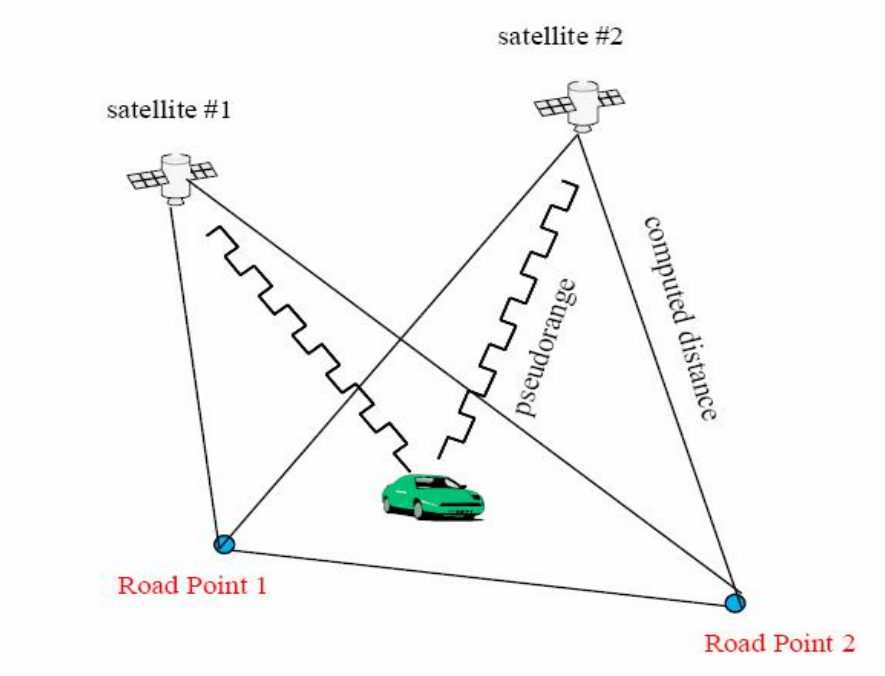
Tekli farklar için,

$$\Delta\Phi_{A1A2}^{U1}(t) = \Phi_{A2}^{U1}(t) - \Phi_{A1}^{U1}(t) \qquad (2.4)$$

eşitliği yazılabilir. Burada Δ operatörü fark gözlemleri anlamında kullanılmıştır. Bu yöntemde temel olarak uydu saatlerindeki hatalar giderilmektedir. Tekli fark, uydular arasında aynı bir alıcı için oluşturulursa bu durumda alıcı saati hataları giderilmiş olur.

2.4.5. İkili farklar yöntemi (double differences)

İkili farklar, iki tekli farkın farkı olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle, aynı epokta iki farklı uydu için oluşturulan tekli farklar arasındaki farktır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: İkili fark gözlemi

İkili fark gözlemleri,

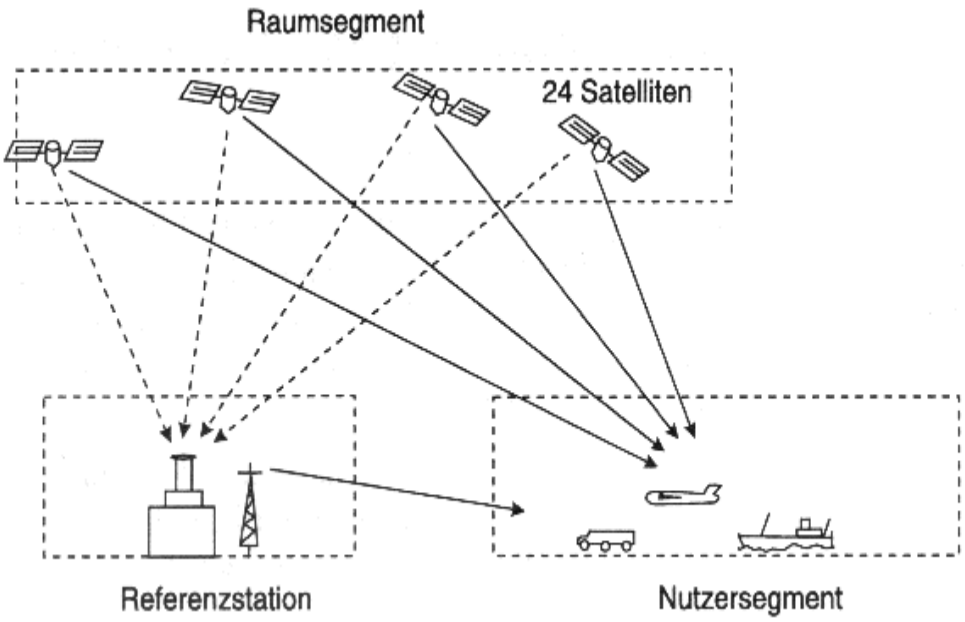
$$\Delta\Delta^{U1U2}_{A1A2}(t) = \Delta^{U1}_{A1A2}(t) - \Delta^{U2}_{A1A2}(t) \qquad (2.5)$$

eşitliği ile ifade edilmektedir.

Bu yöntemle uydu ve alıcı saati hatalarının her ikisi birden giderilmektedir. Genellikle, GPS ölçülerini değerlendirme yazılımlarında temel gözlem eşitliği olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde ayrıca kısa baz uzunluklarında troposferik ve iyonosferik etkiler de giderilmekte veya en aza indirilebilmektedir.

2.4.6. Üçlü farklar yöntemi (triple differences)

Üçlü fark, iki farklı epokta oluşturulan iki ikili fark arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Üçlü fark gözlemi

Üçlü fark gözlemleri için genel eşitlik,

$$\Delta\Delta\Delta_{A1A2}^{U1U2}(t_i, t_{i+1}) = \Delta\Delta_{A1A2}^{U1U2}(t_{i+1}) - \Delta\Delta_{A1A2}^{U1U2}(t_i) \qquad (2.6)$$

yazılır.

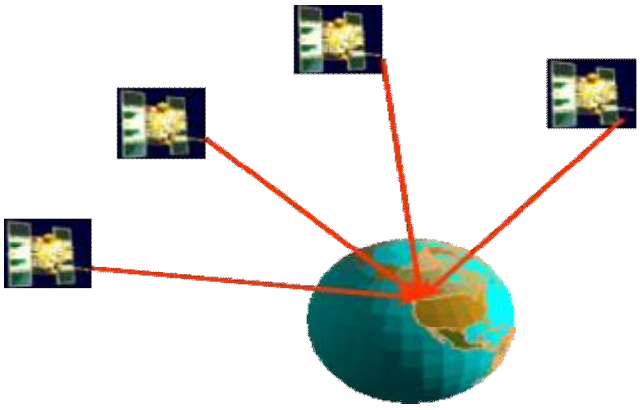
Üçlü fark gözlemlerinin oluşturulmasındaki temel amaç taşıyıcı dalga faz başlangıcı belirsizliğinin (ambiguity) giderilmesidir.

2.5. Konum Belirleme Yöntemleri

GPS ile iki ana konum belirleme yöntemi kullanılmakta olup, bunlar mutlak konum belirleme ve göreli (bağıl) konum belirlemedir.

2.5.1. Mutlak konum belirleme

Mutlak konum belirlemede tek bir alıcı ile normal olarak dört ya da daha fazla uydudan kod gözlemleri yapılarak üzerinde alıcı kurulu olan noktanın koordinatları belirlenmektedir (Şekil 2.8).

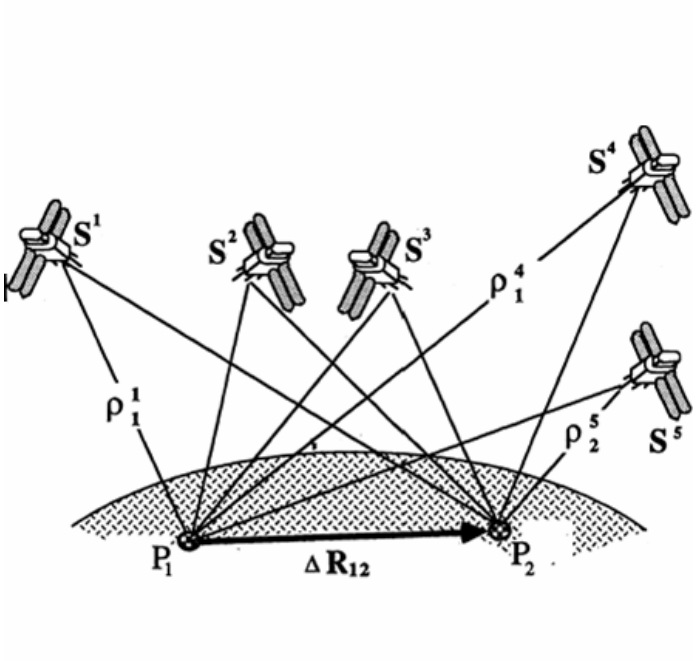


Şekil 2.8: Mutlak konum belirleme

Yöntem, sinyalin uydu çıkışından alıcıya varışına kadar geçen zaman ile ışık hızı çarpılarak hesaplanan uydu-alıcı uzaklıkları ve uyduların bilinen koordinatları ile uzaydan geriden kestirme esasına dayanmaktadır. Alıcı koordinatları, kullanılan kod bilgisine (P kod, C/A kod) ve uydu geometrisine bağlı olarak anında ve mutlak anlamda belirlenebilmektedir. Bu yöntem alıcının sabit olması durumunda statik, hareketli olması durumunda ise kinematik konum belirleme olarak tanımlanır. Mutlak konum belirleme işleminde sadece tekli fark gözlemleri kullanılarak, alıcı temelli hataların giderilmesi mümkün olabilmektedir.

2.5.2. Göreli (bağıl) konum belirleme

Bağıl konum belirlemede koordinatları bilinen bir noktaya göre diğer nokta ya da noktaların koordinatlarının belirlenmesi söz konusudur. Başka bir deyişle, bağıl konum belirleme ile iki nokta arasındaki fark vektörü belirlenmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9: Bağıl konum belirleme

Şekil 2.9'da görüldüğü gibi P_1 noktası koordinatları bilinen bir referans (sabit) noktasını, P_2 ise koordinatları hesaplanacak olan diğer noktayı ifade etmektedir. Bağıl konum belirleme için iki ayrı noktada kurulmuş olan iki alıcı ile aynı uydulara eş zamanlı kod ya da faz gözlemleri söz konusudur. Bağıl konum belirleme ile elde edilen doğruluk, mutlak konum belirlemeden çok daha iyi olup, alıcı tipi (P kodlu, P kodsuz), ölçü süresi, gözlenen uydu geometrisi, uydu sayısı ve kullanılan efemeris bilgisine (yayın ya da hassas) bağlı olarak elde edilen doğruluk 0.001 ile 100 ppm arasında değişmektedir. Bağıl konum belirlemede fark gözlemlerinin her birinin uygulaması mümkün olup, jeodezik çalışmalarda sonuç gözlemi olarak ikili fark yöntemi tercih edilmektedir.

Kod gözlemleri ile anında konum belirleme amacı için yeterli doğruluk sağlanmakta ve pratik olarak büyük önem taşımaktadır. Ancak, mühendislik hizmetleri için çok daha duyarlı sonuçlara gereksinim vardır. Bu amaç için faz gözlemleri kullanılmaktadır. Faz gözlemleri kullanılarak yapılan bağıl konum belirlemede genel olarak beş farklı yöntem mevcuttur.

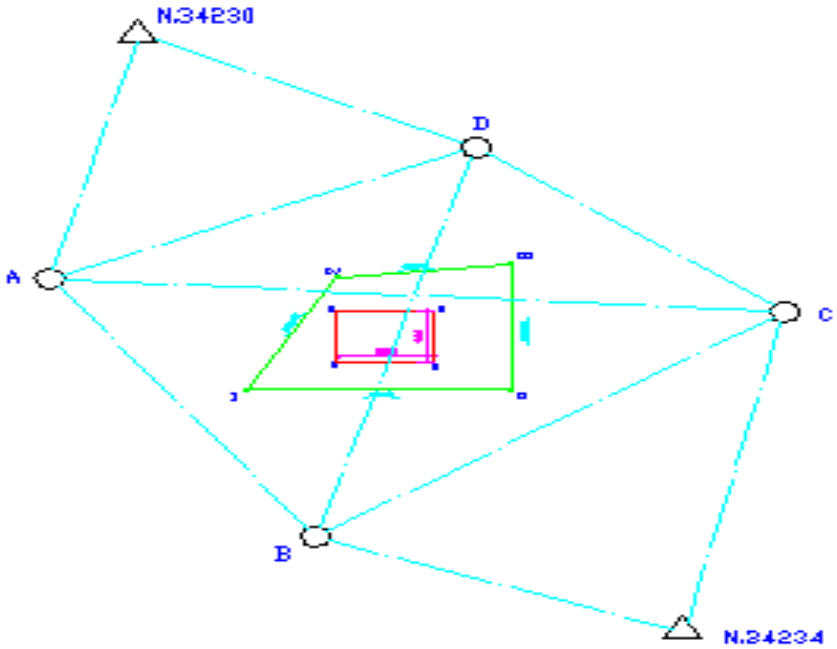
2.5.2.1. Statik ölçü yöntemi

Statik ölçü yöntemi klasik GPS ölçü tekniği olup,

- Çok yüksek doğruluk istendiğinde
- Uzun bazlar söz konusu olduğunda
- Mevcut uydu geometrisi başka bir ölçüm tekniğine olanak vermediğinde
- Sistematik etkilerin dikkate alınması durumunda (iyonosfer, troposfer)

en iyi yöntemdir.

Statik ölçü yönteminde iki ya da daha fazla sayıda alıcı ile en az bir saat eş zamanlı ölçü yapılmaktadır (Şekil 2.10).

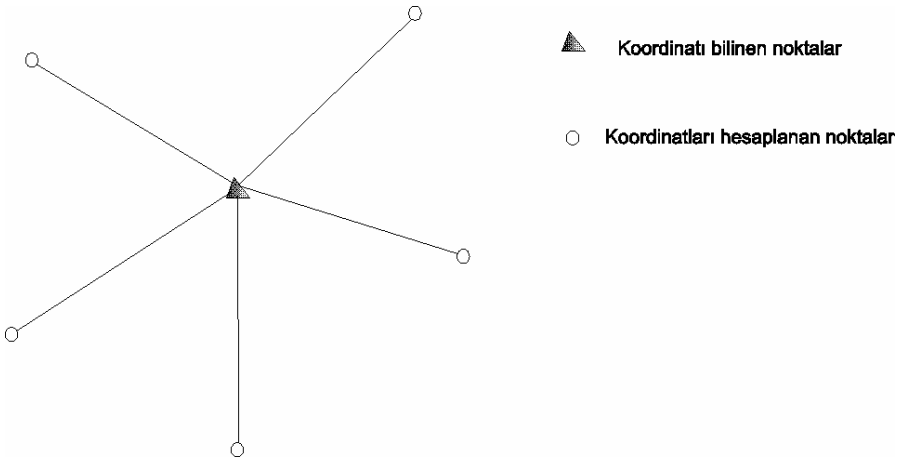


Şekil 2.10: Statik ölçü yöntemi

Yerkabuğu hareketlerinin belirlenmesi gibi bilimsel amaçlı çalışmalarda ve çok uzun bazların söz konusu olduğu yüksek doğruluk gerektiren durumlarda ölçü süreleri en az birkaç saat olmak üzere 24 saate kadar belirlenebilmektedir. Statik yöntemle toplanmış olan ölçüler, büroda uygun GPS yazılımları (post-processing) ile değerlendirilmektedir (Kahveci, Yıldız, 2001).

2.5.2.2. Hızlı statik ölçü yöntemi

Hızlı statik yöntem de bir çeşit statik ölçü yöntemi olup, çok daha kısa süreli ölçülerle duyarlı sonuçların alınmasına imkân sağladığı için ekonomik bakımdan büyük önem taşımaktadır. Genel olarak alıcılardan birisi referans noktası üzerinde sabit bırakılarak sürekli gözlem yaparken başka alıcı veya alıcılar tüm diğer noktalara çok kısa süreler için kurularak eş zamanlı gözlemler yapılır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11: Hızlı statik ölçü yöntemi

Hızlı statik yöntemin uygulanmasında, konumu belirlenecek olan yeni noktalar arasında alıcı taşınırken açık olma zorunluluğu yoktur. Bu da büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu yöntemde ölçü süresi noktalar arası uzaklığa ve uydu geometrisine bağlı olup, uydu sayısı arttıkça aynı uzunluktaki bazda ölçü süresi azaltılabilir. Bu yöntem kısa sürede çok sayıda noktanın doğru ve ekonomik olarak ölçülmesi gerektiği durumlarda en iyi yöntemdir. Hızlı statik yönteminde ölçü süreleri çok kısa olduğu için özel algoritmalar (fara vb.) kullanılmaktadır.

2.5.2.3. Tekrarlı ölçü yöntemi

Tekrarlı ölçü yöntemi, statik ile kinematik arasında bir yöntemdir. Kinematik yönteme göre daha az, statik yönteme göre ise daha fazla sayıda nokta üretilebilmektedir. Bu yöntem, bir ya da iki saatlik ölçü süresinin başlangıç ve sonunda, değişen uydu geometrisinden yararlanmak için, bir noktanın birkaç dakika süre ile iki defa ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Bir noktadan diğerine giderken alıcıların uydu izlemeye devam etme zorunluluğu yoktur. Ölçü zamanı olarak PDOP değerlerinin en küçük olduğu periyotlar seçilmelidir.

Tekrarlı yöntemde en iyi sonuçlar değişen uydu geometrisine bağlı olarak kısa baz uzunluklarında (10 km.'ye kadar) alınmaktadır. Bu yöntemde her bir nokta en az 10'ar dakikalık sürelerle iki defa ölçülmeli ve bu iki ölçü arasında en az bir saat fark

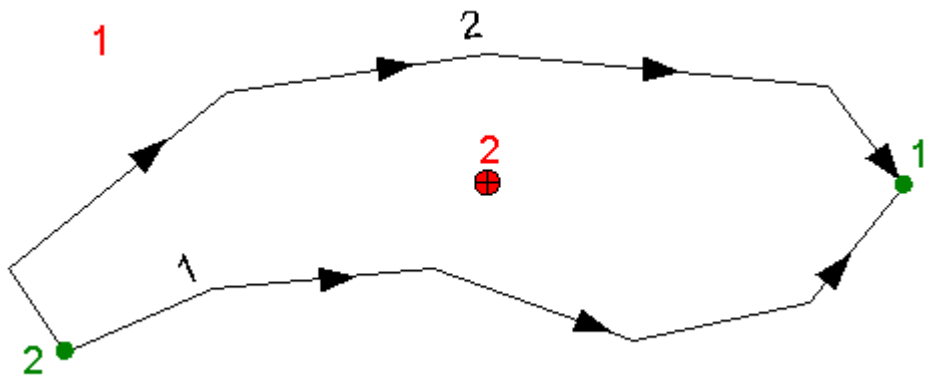
olmalıdır. İki ölçü en fazla dört saat içinde tekrar edilmelidir. Ölçüler değerlendirilirken bu iki bağımsız ölçü kümesi sanki her noktada tek bir gözlem kümesi varmış gibi ele alınmakta ve her iki ölçüde mevcut tüm uydular kullanılmaktadır.

Tekrarlı ölçü yöntemi, merkezsel baz ve travers yöntemi olarak değişik şekillerde uygulanmaktadır.

2.5.2.4. Stop and Go (Dur-Git) yöntemi

Stop and Go gözlem tekniğinde bir alıcı konumu bilinen bir nokta üzerinde sürekli olarak gözlem yapmaktadır. İkinci alıcı (gezici) ise mümkünse konumu bilinen bir noktaya, değilse herhangi bir noktaya kurulur. Bu noktalara ambiguity çözüm noktası (initialistation point) adı verilmektedir. Eğer konumu bilinen bir noktaya kurulursa ambiguity çözüm süresi kısaltılmış olur. Bu süre genellikle 2 dakika kadardır. Gezici alıcı konumu bilinmeyen bir nokta üzerine kurulursa ambiguity çözümü için yaklaşık 60 epok (5 dakika) kadar beklemek gerekir. Ambiguity çözümü gerçekleştirildikten sonra alıcı anteni dikkatli bir şekilde uyduları izlemesi devam ettirilerek diğer noktalara taşınır (Çorumluoğlu, Ceylan, Kalaycı, 2003).

Bu noktalar birkaç epok (10-20 saniye) veri alınarak gezilir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12: Stop and Go ölçü yöntemi

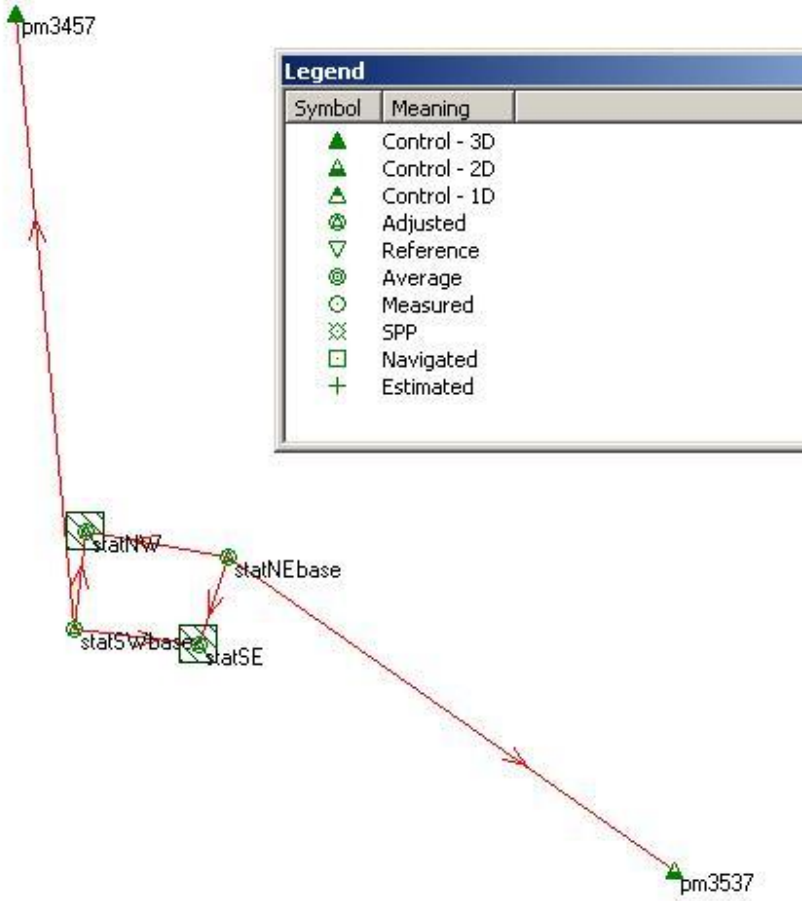
Burada gezici alıcının bir noktadan diğerine giderken uyduları izlemeyi devam ettirmesinin nedeni, ilk ambiguity çözüm noktasındaki başlangıç belirsizliği değerinin diğer noktalara da aynı şekilde taşınması zorunluluğudur. Eğer izleme devam ederken kesilme olursa ya da uydu sayısı 4'ün altına düşerse bu durumda ambiguity çözümü kesileceği için diğer noktalarda birkaç epok ölçü yapmak yeterli olmayacaktır. Bu durumda ambiguity çözümünün tekrarlanması gerekir. Bu yöntem özellikle ölçü noktaları birbirine çok yakınsa iyi sonuçlar vermektedir.

Bu teknik hareket halinde iken uyduları izlemeye devam ettiği için gerçek kinematik ölçüm tekniğini kullanmasına rağmen Stop and Go şeklinde ifade edilen yarı kinematik bir teknik olarak da bilinir. Bunun sebebi, alıcı sabit (hareketsiz) olduğunda nokta koordinatı üretilebilmekte ki bu tekniğin "**Stop**" kısmını oluşturur, sabit noktadan diğerine hareket ettiği zaman da alıcı işlevine devam eder, bu da tekniğin "**Go**" kısmını oluşturur (Rizos, 1999).

Yapmış olduğumuz bu çalışmada, yeterli doğruluğu vermesi, hızlı olması, ekonomik olması ve işlem kolaylılığı olması gibi kriterler göz önüne alınarak, GPS gözlem tekniği olarak Stop and Go gözlem tekniği tercih edilmiştir.

2.5.2.5. Kinematik ölçü yöntemi

Kinematik ölçü yöntemi, Stop and Go ölçü yönteminin daha genel bir şeklidir. Bu yöntemde amaç tek tek noktaların ölçülmesi olmayıp hareket eden bir antenin gezi yolunun belirlenmesidir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Kinematik ölçü yöntemi

Kinematik yöntemde de faz belirsizliği bilinmeyeninin (ambiguity) çözülmesi esastır. Dolayısıyla ikinci alıcı gezdirilmeye başlanmadan önce ambiguity çözümü için yine alıcılardan biri konumu bilinen bir noktaya, ikinci alıcı ise herhangi bir noktaya kurulur ve başarılı bir çözüm için gerekli veri (yaklaşık 60 epok) toplanana kadar ölçüye statik durumda devam edilir. Daha sonra diğer noktalarda uygun veri aralığında (1, 2, 5 saniye gibi) ölçüye devam edilerek alıcının hareket halindeki konumu belirlenmiş olur. İkinci alıcı, hareket halinde en az 4 uyduyu sürekli izlemesi gerekir. Uydu sayısı 4'ün altına düştüğü anda ambiguity çözümü kesileceğinden ambiguity çözüm işleminin tekrarlanması gerekir.

Bu yöntem hızlı ve ekonomik bir ölçü tekniği olup, özellikle hareket halinde ve hidrografik amaçlı ölçmelerde uydundur.

Buraya kadar açıklanan yöntemlere bakılınca görülmektedir ki klasik GPS tekniği olarak isimlendirilen statik ölçü yönteminde saatleri bulan uzun ölçüm süreleri gerekmektedir. Diğer taraftan günümüzde zaman ve ekonomi kriteri çok önemli bir faktör haline gelmiştir. Güncel mühendislik uygulamalarında en az ölçü süresi ile maksimum doğruluk elde etme düşüncesi ön plana çıkmıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmalar uygun uydu geometrisi ve en az 4 uydu ile yalnızca birkaç dakikalık ölçünün faz başlangıç belirsizliğini çözmeye ve sonuç olarak kısa bazlar (20 km.'ye kadar) için beklenen jeodezik duyarlıkları elde etmeye yeterli olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak bu yöntemlerle ideal şartlarla elde edilebilecek doğruluklar Tablo 1'de verilmektedir (Kahveci, Yıldız, 2001).

Tablo 2 .1: GPS ölçü yöntemleri ile elde edilebilecek doğruluklar

Ölçü Yöntemi	**Ölçüm Doğruluğu**	**Doğruluk Sınırları**
Statik	5mm+1 ppm	1/100.000-1/500.0000
Hızlı-Statik	5–10 mm + 1 ppm	1/100.000-1/1.000.000
Stop and Go	10–20 mm + 1 ppm	1/100.000-1/1.000.000
Tekrarlı Ölçü	5–10 cm + 1 ppm	1/50.000-1/500.000
Kinematik	10–20 mm + 1 ppm	1/100.000-1/1.000.000

2.6. Dünya Jeodezik Referans Sistemi–1984 (WGS–84)

GPS ile konum belirlemede yersel referans sistemi olarak WGS-84 (World Geodetic System –84) sistemi kullanılmaktadır. WGS–84 sistemi NIMA (National Imagery and Mapping Agency) tarafından pratik jeodezik referans sistemi olarak geliştirilmiştir. NIMA 1987 yılında TRANSIT uyduları için hassas efemeris hesaplarında bu sistemi kullanmaya başlamıştır. WGS-84 sistemi ile ITRF (Iers Terrestial Reference Frame) sistemi arasındaki ilişkiyi belirlemek ve WGS-84 sisteminin doğruluğunu artırmak için 24 IGS ve 10 DoD (Department of Defence) noktasında yapılan eş zamanlı GPS ölçüleri ile 8 IGS noktasının ITRF91 koordinatları sabit alınarak DoD noktalarının koordinatları yeniden hesaplanmıştır. Nokta koordinatlarını ortak bir epoka getirmek için NUVEL NNR-1 plaka hareketi modeli kullanılmıştır. Böylece ITRF' göre hesaplanmış WGS-84 koordinatları yaklaşık 10 cm doğrulukla belirlenmiştir. Bu şekilde iyileştirilmiş sisteme WGS-84 (G730) ismi verilmiştir. Burada "G" GPS', "730" ise GPS haftasını ifade etmektedir. GPS ana kontrol istasyonu bu koordinat değişikliklerini Ağustos 1994'den itibaren kullanmaya başlamıştır (Kahveci, Yıldız, 2001).

Daha sonra WGS–84 sistemini iyileştirmek için aynı işlemler tekrarlanmış ve 11 IGS noktasının ITRF94 koordinatları sabit alınarak elde edilen çözümler ile belirlenen referans sistemine WGS-84 (G873) ismi verilmiştir. Bu şekilde elde edilen doğruluk tüm koordinat bileşenlerinde ±5 cm. dir. WGS–84 elipsoidinin parametreleri Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2.2: WGS–84 elipsoid parametreleri

Parametre Adı	**Sembolü**	**Büyüklüğü**
Dönel Elipsoidin Büyük Yarı Ekseni	a	6378137,0 m
Yerçekimi sabiti	GM	$3986004{,}418 \times 10^{8}$ $m^3 sn^{-2}$
Yerin Ortalama Açısal Hızı	ω	$7292115{,}0 \times 10^{-11}$ rad sn^{-1}
Basıklık	f	1/298,257223563

3. KLASİK DETAY ALIM YÖNTEMLERİ

Detay ölçmelerinin ana unsuru detay noktası koordinatlarının belirlenmesidir. Tarihi gelişimi içinde detay noktası koordinatlarının elde edilmesi 4 ana yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemler;

1) Bağlama Yöntemi
2) Ortogonal (Dik Koordinat) Yöntemi
3) Kestirme Yöntemi
4) Kutupsal Alım Yöntemi

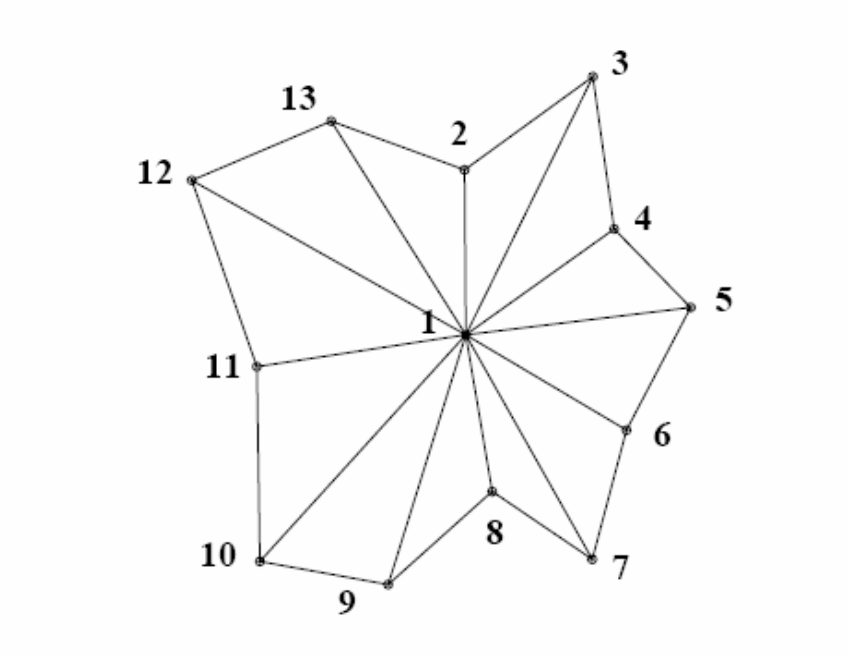
şeklinde sıralanabilir.

3.1. Bağlama Yöntemi

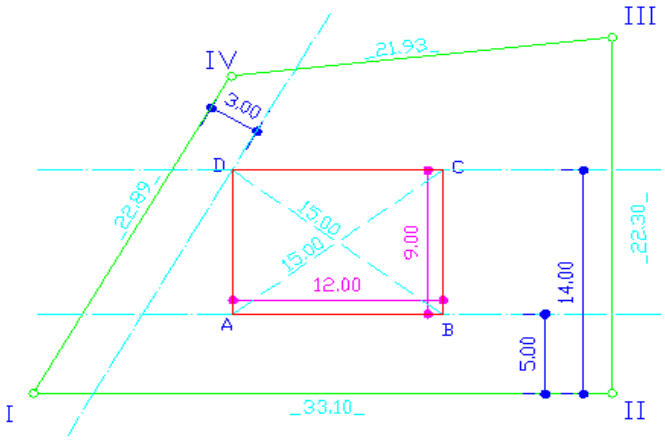
Bu yöntem basit ölçü aletleri (çelik şerit metre, jalon, çekül, prizma vs.) kullanılarak uygulanmaktadır. Bu yöntem uygulanarak yapılan alımda şekil üçgenlere ayrılır (Şekil 3.1). Çizim için gerekli kenarlar ve kontrol amacıyla da fazla kenarlar ölçülür.

Binaların ölçülmesi söz konusu olduğunda bina kenarları uzatılır. Bu uzantıların ölçü doğrularını kestiği noktalar işaretlenir. Bunun için (Şekil 3.2)'de görüldüğü gibi gerekli ölçüler yapılır. Bu yöntemle çok büyük alanların ölçülmesi iyi sonuç vermez (Aydın, 1984).

Bina detaylarının ölçümünde sadece bina kenarlarının uzatılması dışında sabit ölçü noktalarından faydalanmak suretiyle detay ölçümü gerçekleştirilebilir.



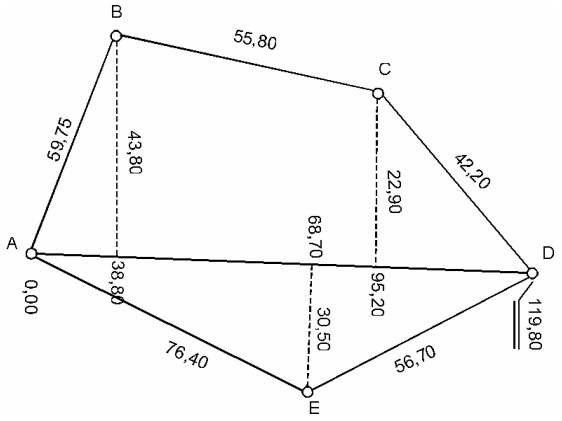
Şekil 3.1: Bağlama yöntemi ile parsel ölçülmesi



Şekil 3.2: Bağlama yöntemi ile binanın uzatılarak ölçülmesi

3.2. Ortogonal Yöntem (Dik Koordinat Yöntemi)

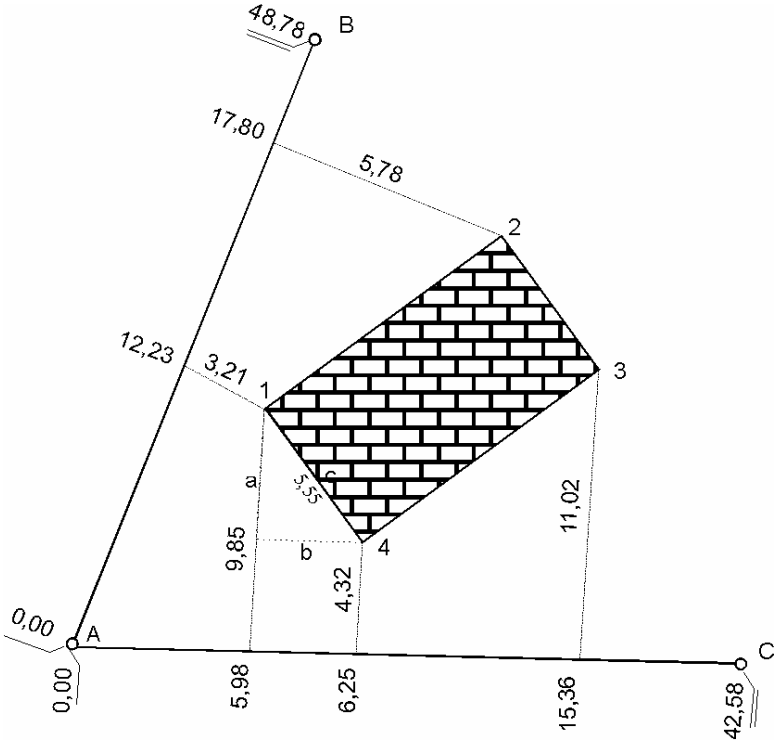
Bu alım yönteminde uzunluk ölçme aletlerinden başka dik inme ve çıkmaya yarayan prizmalar kullanılır. Ölçülecek parselin durumuna göre seçilen ölçü doğrusu bir dik koordinat sistemi olarak kabul edilir. Ölçü doğrusu üzerine parselin köşe noktalarından prizma ile dikler inilir. Çelik şerit metre ile dik boyları (ordinatlar) ölçülür. Apsisler ölçülürken dik ayakları arası ayrı ayrı ölçülmez. Başlangıçtan olan uzunluklar ölçülerek yazılır (Şekil 3.3). En uygun durum ölçü doğrusu olarak şeklin köşegenlerinden birinin alınmasıdır (Aydın, 1984).



Şekil 3.3: Ortogonal yöntemle parsel köşegeninin ölçü doğrusu olarak alınması.

Geniş parsellerin ölçüsünde dik boyları büyükse tek ölçü doğrusu yerine üçgen ya da dörtgen oluşturan işlem doğruları alınabilir.

Binalar, tüm köşelerinden ölçü doğrusuna dik inilerek ölçülür (Şekil 3.4). Dik boyları en fazla 30 m. olmalıdır. Çok zorunlu durumlarda 40-50 m.ye kadar çıkartılabilir. Parsel sınırları ile bitişik ya da sıralı yapıların aynı doğrultu üzerindeki noktalarının tamamından dik inilmez. 250 m.yi geçmeyen cephelerde sadece başlangıç ve bitiş noktalarından ölçü doğrusuna dikler inilir.



Şekil 3.4: Binaların dik koordinat yöntemiyle alımı

Bağlama yöntemi ölçü bakımından kolaydır. Çünkü ölçüde prizma kullanılmamaktadır. Ancak bu yöntemde fazla bir kontrol olanağı yoktur. Dik koordinat yöntemi biraz zaman alıcı olmasına karşılık daha doğru sonuç vermektedir. Her köşe noktalarını kontrol etmek mümkündür. Ayrıca bağlama yönteminde hata, ilk noktadan başlayarak artarak diğer noktalara etki eder. Dik koordinat (ortogonal) yöntemde ise hatalar hata yapılan noktada kalır. Bu nedenle büyük alanların ölçülmesinde dik koordinat yöntemi tercih edilir.

3.3. Ölçülerin Kontrol Edilmesi

Mülkiyet noktalarına ait tüm kırık noktalar ve diğer önemli noktalar ölçü kontrolleri ile sağlamlaştırılırlar. Bağlama yönteminde ölçülen noktaları bağlayan doğrular yeterli bir kontrol sağlarlar. Dik koordinat alım yönteminde ise kırık noktaları bağlayan doğruların ölçülmesi ile kontrol sağlanır. Bu yöntemde esas kontrol pisagor teoremine göre yapılır. Şekil 3.4'de görülen $\overline{1-4}$ cephe uzunluğu 5,55 m olarak ölçülmüştür. Bu cephenin kontrolü 1 ve 4 nolu noktaların ölçülen apsis ve ordinat farklarından pisagor teoremi yardımıyla elde edilen (c) kenar uzunluğu ile yapılır. Ölçülen cephe uzunluğu ile hesaplanan (c) uzunluğu arasındaki fark, S m. biriminde cephe uzunluğu olmak üzere;

$$d = 0.03 + 0.0005\ S \qquad (3.1)$$

bağıntısı ile elde edilecek (d) farkından büyük olamaz. Bu durumda ölçü tekrarı gerekir. (c) kenar uzunluğu pisagor teoreminden,

$$c = \sqrt{(Y_1 - Y_4)^2 + (X_1 - X_4)^2} = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad (3.2)$$

hesaplanır.

$d = \overline{1-4} - c$ bulunur. Bu fark (3.1) eşitliğinde bulunan d_{max} değerinden küçük olmalıdır.

3.4. Kestirme Yöntemleri

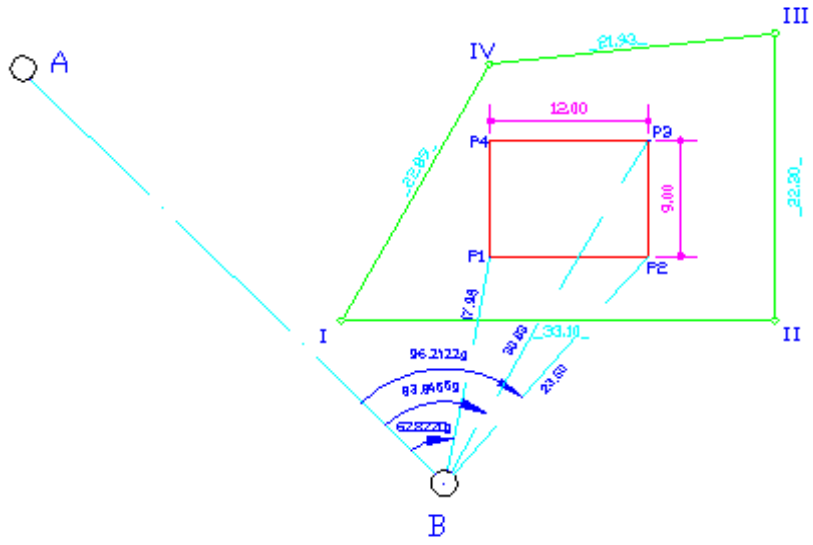
Kestirme yöntemi iki değişik şekilde uygulanmaktadır.

1- Açı kestirme

2- Uzunluk kestirme

3.4.1. Açı kestirme yöntemi

Açı kestirme yöntemi, koordinatları bilinen veya daha sonra hesaplanacak olan iki sabit noktadan, detay noktasına olan yatay doğrultuların ölçülmesi esasına dayanır (Şekil 3.5).

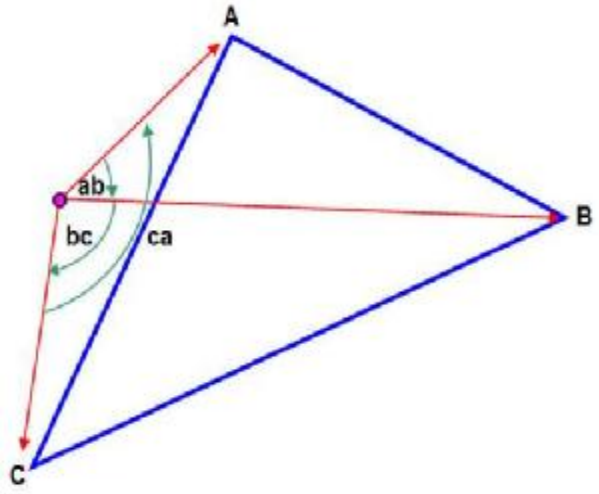


Şekil 3.5: Açı kestirme yöntemi

Alet, koordinatları bilinen A noktasına kurulur. 1 nolu detay noktasına yatay açı sıfırlanarak B noktasına çevrilir ve α açısı elde edilir. Daha sonra alet B noktasına kurularak, A noktasına yatay açı sıfırlanır ve 1 nolu detay noktasına çevrilir ve ω açısı belirlenir. Aynı işlemler 2 nolu detay noktası için tekrarlanır. Taban açıları belirli olduğu için detay noktalarındaki açılar da üçgen iç açıları toplamının 200^g olması koşulundan yararlanarak kolayca bulunur. A ve B noktalarının koordinatları belirli olduğu için, $\overline{AB}$ = c, (AB) ve (BA) hesaplanır. Daha sonra sinüs teoremi yardımıyla $\overline{A1}$ = a ve $\overline{B1}$ = b kenarları bulunur.

Uzunluk kestirme yöntemi

Uzunluk kestirme yöntemi, koordinatı belirli iki noktadan detay noktasına olan yatay uzunluklar ölçülmek suretiyle detay noktasının konum koordinatlarını elde etme yöntemidir (Şekil 3.6). Bu yöntemde koordinatı belirli noktalardan detay noktasına sadece yatay uzunluklar ölçülür. Açı kestirme yöntemine göre çok daha pratiktir ve koordinatı belirli bir noktada işlem yaparken diğer koordinatı belirli noktaya aynı anda ihtiyaç yoktur. 2. koordinatı belirli noktadan aynı detay noktalarına olan yatay uzunluk değişik zamanda ölçülebilir. Bu da kullanıcıya işlem kolaylığı sağlar.



Şekil 3.6: Uzunluk kestirme yöntemi ile detay alımı

Yöntem şu şekilde çalışmaktadır. Koordinatı bilinen veya daha sonra hesaplanacak olan (A) noktasından (B) detay noktasına olan yatay uzunluk ölçülür. Daha sonra yine koordinatı bilinen veya daha sonra hesaplanacak olan (C) noktasından (B) detay noktasına olan yatay uzunluk ölçülür. Arazide alım işlemi bu kadardır. A ve C noktalarının koordinatları bilindiği için AC uzunluğu, (AC) ve (CB) açıları hesaplanır. Daha sonra bir yazılım kullanılarak α ve β açıları cosinüs teoremi yardımıyla hesaplanır. Bu hesaplamalardan sonra (AB) ve (CB) semt açıları bulunur.

3.5. Kutupsal Alım Yöntemi

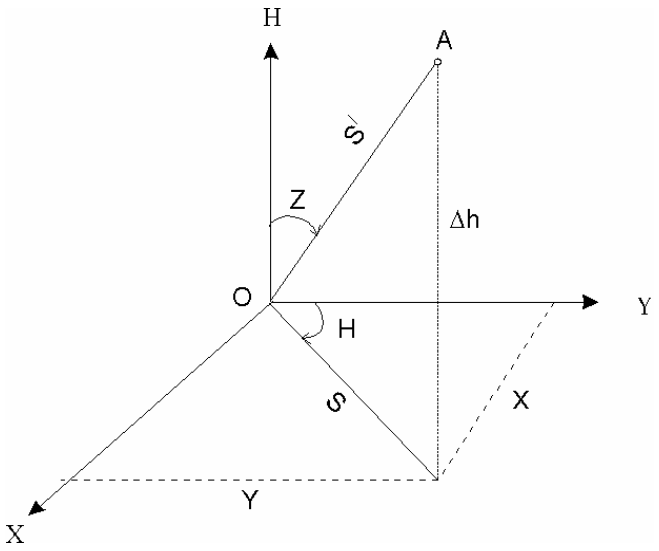
Kutupsal alım yöntemi, özellikle elektronik takeometrelerdeki gelişimin ardından güncel olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde, doğruluk, zaman ve uygulama kolaylığı bakımından en çok kullanılan yöntemdir. Bir elektronik takeometre (Total Station), yatay ve düşey açı ölçme modülü, uzaklık ölçme modülü ve mikroişlemci modülü olmak üzere 4 ana modülden oluşur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Elektronik takeometre (TS)

Uzunluk ölçmeleri ile yatay ve düşey açı ölçmeleri sürekli ve otomatik olarak yapılır. türlü okumalar mikro işlemcide değerlendirilir. Mikroişlemcide hesaplanan Her değerler bir ekranda izlenebilir, yazıcı ile listelenebilir, ya da kayıt ünitelerine kaydedilebilir. Takeometrik işlemlerin tümü, düğmeler veya tuşlar yardımıyla seçilerek yaptırılır. Okumaların tamamı sayısaldır (İnal, vd.,1996).

Elektronik takeometreler aşağıdaki değerleri okurlar veya hesaplarlar (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : Elektronik takeometrelerin okuduğu veya hesapladığı değerler

S^1	: Eğik uzunluk	Z	: Düşey açı
H	: Yatay açı	S	: Yatay uzaklık
X	: Absis	Y	: Ordinat
Δh	: Yükseklik farkı		

Elektronik takeometrelerdeki mikroişlemcilere başka hesaplar da yaptırılabilir. Elektronik takeometreler, yansıtıcılar (prizmalar) ile birlikte kullanılırlar. Yansıtıcılar detay noktalarına jalonetleri yardımıyla düşey olarak tutulurlar. Yansıtıcının görevi, elektronik takeometreden gönderilen ışığı yansıtıp geri göndermektir.

Aletin yataylanması ve hedefe yöneltilmesinden sonra ölçme işlemi başlatılır. Uzunluk ölçme biriminden eğik uzunluğun değeri, açı ölçme biriminden ise yatay ve düşey açı değerleri mikroişlemciye gelir. Bu arada atmosferik düzeltme faktörü, alet yüksekliği (a) ve yansıtıcı yüksekliği (i) mikroişlemciye verilmelidir. Atmosferik düzeltme değeri, sıcaklık ve basınca göre düzenlenmiş ve alet firmaları tarafından verilen abaktan alınabileceği gibi hesapla bulmak da mümkündür. Hesaplama birimine ulaşan veriler, mikroişlemcide değerlendirilir ve sonuç sayısal olarak ekranda görülür. İstenirse bu veriler kayıt ünitesine kaydedilir (Şekil 3.8).

Mikroişlemci, öncelikle atmosferik düzeltme faktörüne göre eğik uzaklığı indirger ve sonra da düşey açıya göre bunu;

$$S = S^{'}.\sin Z \tag{3.3}$$

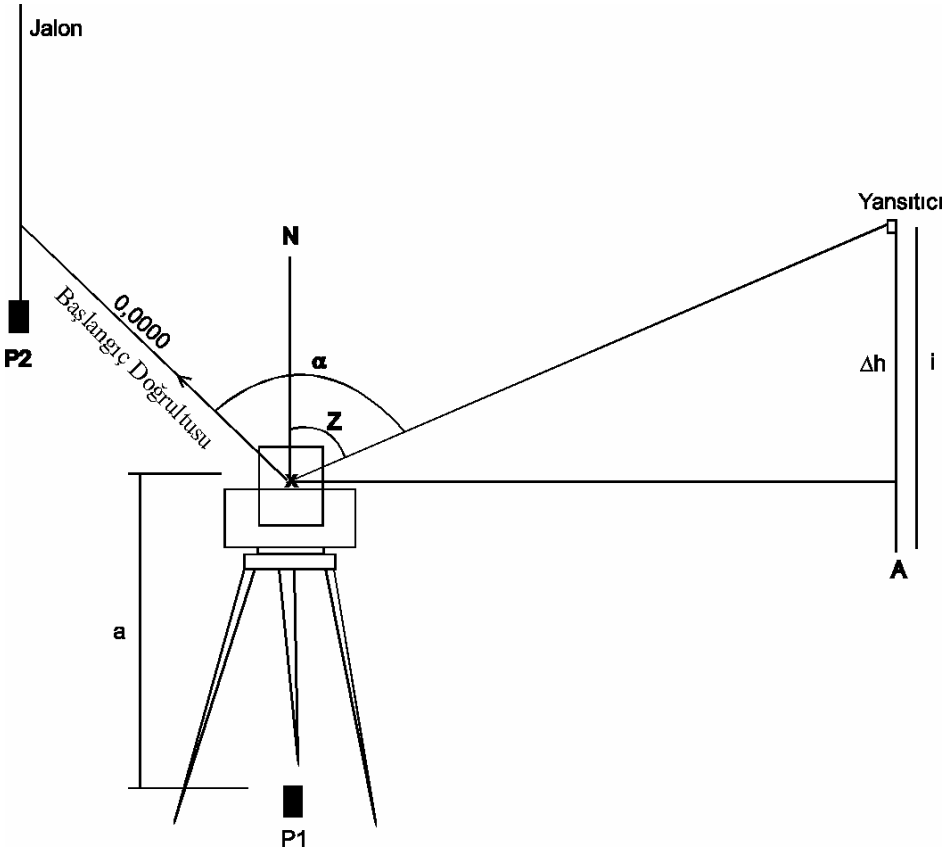
eşitliği ile yatay uzunluğa dönüştürür. Buradaki düşey açı (Z) otomatik olarak ölçülen düşey açıdır. Aynı veriler kullanılarak,

$$\Delta h = S.\cos Z \tag{3.4}$$

eşitliği ile yükseklik farkı hesaplanır. Alet yüksekliği (a) ve reflektör yüksekliği (i) birlikte değerlendirilerek bakılan noktanın zeminden yüksekliği,

$$H_A = H_{P1} + \Delta h + a - i \tag{3.5}$$

olur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Kutupsal alım yöntemi

Aletin kurulduğu nokta koordinatları Y_{P1}, X_{P1} ve bakılan nokta koordinatları Y_{P2}, X_{P2} verilir ve aletin yatay açısı bu noktaya sıfırlanırsa veya bir doğrultunun açıklığı verilirse, mikroişlemci belleğindeki yatay açıyı da (α) kullanarak detay noktası

(A) koordinatlarını,

$$Y_A = Y_{P1} + S.\sin\alpha$$
$$X_A = X_{P1} + S.\cos\alpha \qquad (3.6)$$

eşitlikleri yardımıyla hesaplar. Bu formüldeki α açısı, aletin kurulduğu nokta ile detay noktasını birleştiren çizginin semt açısıdır (İnal vd. 1996).

3.6. Serbest İstasyon Yöntemi

Gelişen teknolojiye paralel olarak ölçme ve değerlendirme yöntemleri de gelişmektedir. Bilindiği gibi klasik yöntemler arazide yapılan ölçülerin büroda işlenip değerlendirilmesine dayanmaktadır. Fakat elektronik aletlerin gelişmesi sonucu ölçü ve değerlendirme gerekirse aplikasyon arazide yapılabilmektedir. Çünkü elektronik takeometreler (Total Station) hesaplama üniteleri ile donatılmışlardır. Bu aletler yardımı ile sabit noktaların yetersiz olduğu bölgelerde amaca en uygun nokta seçilerek başka mevcut sabit noktalara açı ve uzunluk ölçümü yapılıp bu bilgiler elektronik takeometrede değerlendirilerek, aletin kurulduğu noktaların koordinatları elde edilir.

3.6.1 Serbest istasyonun tanımı

Gerek aplikasyon gerekse alım sırasında yeterli sıklıkta sabit nokta olmayabilir. Bu gibi durumlarda alım noktalarına veya aplikasyon noktalarına en uygun şekilde bir nokta seçilir. Seçilen bu nokta gözlenecek olan sabit noktaların yaklaşık olarak ağırlık merkezine yakın olmalıdır. Koordinatları elektronik takeometrelerle belirlenen ve yukarıdaki özelliklere sahip olan noktaya **serbest istasyon noktası** denir. Serbest istasyon noktasının üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Sabit noktaların yeterli olmadığı yerlerde kullanılarak alım veya aplikasyon gerçekleştirilebilir.
- Arazi ve trafik durumu dikkate alınarak serbest istasyon noktası amaca en uygun olarak seçilebilir.
- Merkezlendirme ve röperleme gerektirmez.
- Ölçü sisteminin homojen olması sebebiyle ölçü ve inceliğin yükseltilmesi kısa bir zamanda sağlanabilir.

3.6.2 Serbest istasyon noktasının hesabı için ölçü ve veriler

Serbest istasyon noktasının koordinatları Helmert dönüşümü yapılarak hesaplanabilmektedir. Bu amaçla serbest istasyon noktasından en az iki sabit noktaya açı ve uzunluk ölçümü yapılır. Eğer ikiden fazla sabit noktaya gözlem yapılacak olursa en küçük kareler yöntemine göre serbest istasyon noktasının koordinatları bulunur. Bu hesaplamada;

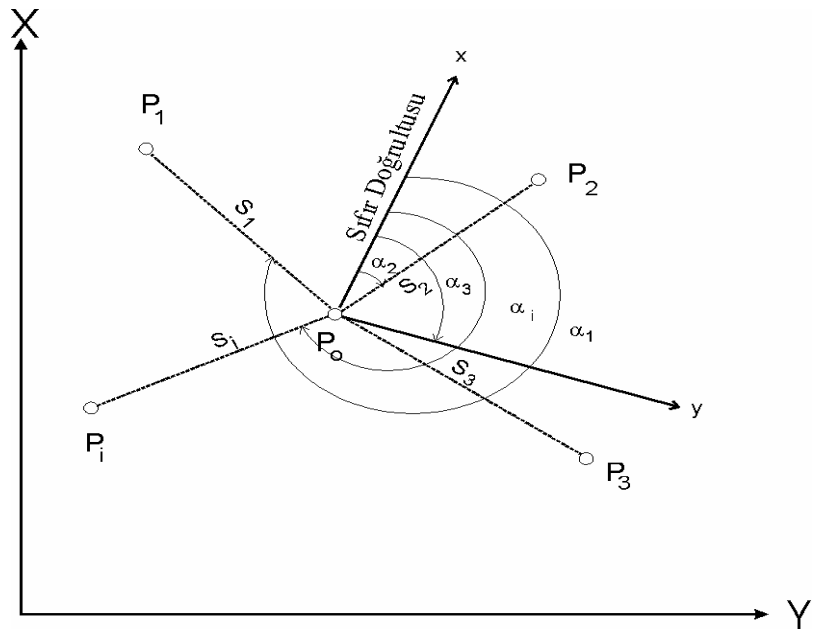
$S_1, S_2, ...S_i$: Serbest istasyon noktasından sabit noktalara olan kenar uzunluklarını,

$\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_i$: Serbest istasyon noktasından sabit noktalara olan doğrultuları,

$P_1, P_2, ...P_i$: Sabit noktaları,

P_o …….. : Serbest istasyon noktasını ifade etmektedir.

Çözüm transformasyon yöntemine göre yapılacağı için nokta koordinatlarının farklı iki sistemde bilinmesi gereklidir. Sabit noktaların memleket koordinatları mevcut olduğuna göre bu noktaların başka bir sistemde koordinatlarının hesaplanması gerekmektedir. Bu sisteme yerel koordinat sistemi adı verilirse, serbest istasyon noktası bu sistemin orjinidir. Açı bölüm dairesi sıfır doğrultusu yerel koordinat sisteminin "x" ekseni ve orjinde bu eksene sağ tarafa doğru dik olan eksen de "y" ekseni olarak kabul edildiğinde, X, Y sistemi ise memleket koordinat sistemidir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Serbest istasyon noktası hesabı ve yerel koordinat sistemi

Ölçülen kenarlara aletsel ve meteorolojik düzeltmeler getirildikten sonra yükseklik ve projeksiyon düzeltmeleri getirilmelidir.

$$\overline{S_i} = S_i + \left(-\frac{H}{R} + \frac{y^2}{2R^2} \right) S_i \qquad (3.7)$$

Burada;

$\overline{S_i}$: İndirgenmiş uzaklık

S_i : Yatay uzaklık

H : Ortalama yükseklik

R : Ortalama yer yarıçapı

y : Dilim orta meridyeninden olan uzaklıktır.

3.6.3 Yerel koordinatların hesabı

Kenarlar projeksiyon düzlemine indirgendikten sonra yerel koordinatların hesabına geçilebilir. Yerel koordinatların hesabı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Yerel koordinatların hesabı

	Yerel Koordinatlar		**Memleket Koordinatları**	
Nokta No	**y**	**x**	**Y**	**X**
P_1	$\overline{S_1}.\text{Sin}\,\alpha_1$	$\overline{S_1}.\text{Cos}\,\alpha_1$	Y_1	X_1
P_2	$\overline{S_2}.\text{Sin}\,\alpha_2$	$\overline{S_2}.\text{Cos}\,\alpha_2$	Y_2	X_2
P_i	$\overline{S_i}.\text{Sin}\,\alpha_i$	$\overline{S_i}.\text{Cos}\,\alpha_i$	Y_i	X_i
P_0	0,00	0,00	Y_0 =?	X_0 =?

Doğrultu değerleri, yerel koordinat sisteminde açıklık açısı olarak kabul edilir. Buna göre kenar ile doğrultu açısının sinüsü çarpılarak ordinat, kosinüsü çarpılarak apsis değeri bulunur.

Nokta koordinatları her iki sistemde de belirli olduğu için Helmert Transformasyon formülleri uygulanarak serbest istasyon noktası koordinatları hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} X_0 &= X_m - a.x_m + o.y_m \\ Y_0 &= Y_m - o.x_m + a.y_m \end{aligned} \qquad (3.8)$$

Burada;

X_0, Y_0 : Serbest istasyon noktası koordinatları

X_m, Y_m : Sabit noktaların memleket sistemindeki ağırlık merkezi koordinatları

x_m, y_m : Sabit noktaların yerel sistemdeki ağırlık merkezi koordinatları

a, o : Transformasyon parametreleri

$$a = \frac{[dx.DX]+[dy.DY]}{[dx^2]+[dy^2]} \qquad o = \frac{[dx.DY]-[dy.DX]}{[dx^2]+[dy^2]} \qquad (3.9)$$

dx_i, dy_i : i=1, 2, 3, ...,n olmak üzere yerel koordinat sisteminde ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatlar.

DX_i, DY_i : i=1, 2, 3, ...,n olmak üzere memleket koordinat sisteminde ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatlar.

3.6.4 Serbest istasyon noktasının konum doğruluğu

Serbest istasyon noktasının konum doğruluğu, dengeleme sonucu elde edilen ağırlık katsayıları matrisinden elde edilebilir. Serbest istasyon noktasının koordinatları Y_0, X_0 olarak gösterilirse;

$$m_{Yo} = m_0 . \sqrt{Q_{YoYo}} \quad , \quad m_{Xo} = m_0 . \sqrt{Q_{XoXo}} \tag{3.10}$$

şeklinde Y ve X ekseni yönünde ortalama hatalar elde edilir. Serbest istasyon noktası konum hatası ise;

$$m_P = \sqrt{m_{Yo}^2 + m_{Xo}^2} \tag{3.11}$$

şeklinde hesaplanır. (3.10) eşitliğindeki ağırlık katsayıları birbirine eşittir.

$$Q_{YoYo} = Q_{XoXo} \tag{3.12}$$

Buna göre (3.11) formülü yeniden düzenlenirse,

$$m_0 = \sqrt{\frac{[V_x V_x] + [V_y V_y]}{2.n - 4}} \tag{3.13}$$

elde edilir. Ağırlık katsayılarını,

$$Q_{YoYo} = Q_{XoXo} = \frac{[x^2 + y^2]}{\left(n.[x^2 + y^2] - [x]^2 - [y]^2\right)} \tag{3.14}$$

şeklinde ve indirgenmiş koordinatlar cinsinden de;

$$Q_{YoYo} = Q_{XoXo} = \frac{1}{n} + \frac{x_m^2 + y_m^2}{[dx^2 + dy^2]} \tag{3.15}$$

elde etmek mümkündür. Burada;

x, y : Yerel koordinat sistemindeki koordinatlar

$$x_m = \frac{[x]}{n} \;,\; y_m = \frac{[y]}{n} \quad , \quad dx_i = x_i - x_m \;, \quad dy_i = y_i - y_m \qquad i = 1,2,.....,n$$

n : sabit nokta sayısıdır. Bu ifadeler dikkate alınarak serbest istasyon noktasının konum hatası;

$$m_P = m_0 \sqrt{2.\left(\frac{1}{n} + \frac{x_m^2 + y_m^2}{[dx^2 + dy^2]} \right)} \tag{3.16}$$

olarak bulunur. Serbest istasyon noktası ile ağırlık merkezi çakışık olursa, $x_m = 0, y_m = 0$ olacağından;

$$m_P = m_0 \sqrt{\frac{2}{n}} \tag{3.17}$$

olur.

Serbest istasyon noktası konum hatası, sabit nokta sayısına bağlıdır. Araştırmalara göre sabit nokta sayısı 4 den fazla olduğunda konum doğruluğunda önemli bir artış sağlamamaktadır (Erkaya, 1991). Serbest istasyon noktasının konum doğruluğunu artırmak için, serbest istasyon noktası, sabit noktaların ağırlık merkezine yakın seçilmelidir. Ayrıca noktalar ufka dengeli dağılmalıdır.

Ölçü aletlerinin gelişmesine paralel olarak ölçü yöntemleri de gelişerek daha etkin ve hızlı hale gelmiştir. Klasik geriden kestirme, serbest istasyon şekline dönüştürülmekte ve hesaplanmaktadır. Elektronik Takeometrelerin hesap ünitesi Serbest İstasyon Programını içermekte veya program yazılıp alete verilebilmektedir. Bunun sonucu olarak ölçü ve değerlendirme işlemi ile gerekiyorsa aplikasyon arazide gerçekleştirilebilmektedir. Sabit nokta yoğunluğunun az olduğu yerlerde, en elverişli nokta serbest istasyon noktası seçilerek, konumu hemen belirlenebilmekte ve istenilen amaç doğrultusunda kullanılabilmektedir.

4. GPS SERBEST İSTASYON TEKNİĞİ (GPSSİT) İLE DETAY ALIMI

Detay alım yöntemleri günümüzde klasik veya GPS destekli sistemlerle yapılmaktadır. Burada Dünyada ve ülkemizde uygulanan detay alım yöntemleri ve kullanılan GPS teknolojileri hakkında genel bilgiler verilecektir. Halihazırda yapılan uygulamalarda, Klasik ve GPS sistemleri, bazen tek başına, bazen de birlikte kullanılmıştır.

GPS destekli detay alım sistemlerine baktığımızda çok yeni ve pratik uygulamalar olduğunu görmekteyiz. Öncelikle GPS ile doğrudan alımı yapılabilen detayların alımı üzerinde çalışılmış, Stop and Go ve Real Time Kinematik uygulamaları kullanılmıştır. GPS ile doğrudan alımı yapılamayan detay alımları için ise, daha kombine sistemler (GPS+Total Station) geliştirilmeye çalışılmış ve bu tür detayların bu sistemlerle alımı yapılmaya çalışılmıştır. Ancak bu sistemler, maliyeti yüksek sistemler olduğu için pratikte fazla kullanılma şansı bulamamıştır (Şekil 4.1). Bununla birlikte GPS alıcısı ile Total Station arasında radyo modem vasıtası ile veri iletimi sağlanarak GPS verilerinin Total Station tarafından kullanılması sağlanmış ve detay alım işlemlerine kolaylık kazandırılmaya çalışılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 : GPS ve Total Station sistemleri



Şekil 4.2: Total Station ile GPS alıcısı arasında veri iletimi

Yine GPS ile uyumlu olarak Laser Tabancası (Laser Rangefinder) adı verilen sistemlerle detay alımı yapılabilmektedir. Bu sistemde Laser Tabancası ile reflektörsüz 1,524m.-609,570m., reflektörlü olarak 1,524m.-9753,124m. arası uzunluk ölçümü ± 15,3 cm, düşey açı ± 0,5^{o} ve manyetik kuzeyden elde ettiği yatay açıyı ±0,2^{o} doğrulukla belirleyebilmektedir. Bu sistemin detay noktası koordinatlarını belirleme doğruluğu, jeodezik doğruluk sınırlarını aştığı için daha çok Coğrafi Bilgi Sistemi amaçlı çalışmalarda kullanılmaktadır (Şekil 4.3).

GPS ile doğrudan alımı yapılamayan detayların alımında öncelikle zemine nokta tesis edilip, bu noktaların konumlarını Stop and Go veya Real Time Kinematik tekniği ile belirleyerek buradan Total Station yardımıyla detay alımı yöntemi yaygınlaşmıştır. Bu yöntem Dünya ile birlikte ülkemizde de kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 4.3 : GPS ve Laser Rangefinder sistemleri

Ülkemizde yapılan çalışmalara birkaç örnek verecek olursak, “Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Konumlarının Statik GPS İle Test Edilmesi” konulu çalışmada, gerçek zamanlı kinematik GPS ile nokta konumları belirlenerek statik GPS ile bulunan nokta konumları ile karşılaştırma yapılmış ve 2-3 cm farklılıklar bulunmuştur. Bu karşılaştırma sonucunda; gerçek zamanlı kinematik GPS ölçülerinin birkaç cm duyarlık gerektiren konum belirleme çalışmalarında, duyarlık, zaman ve insan emeği açısından, uzun ölçme işlemi olan statik GPS ölçmeleri yerine kullanılabileceği görülmüştür (Gökalp, 1999). Yine başka bir çalışmada, 46 parsele ait 81 parsel köşesi GPS (stop and go) ile ölçülmüş ve Total Station ile elde edilen klasik koordinatlarla karşılaştırma yapılmıştır. Klasik yöntemde kullanılan poligon noktalarının konumları Hızlı Statik GPS gözlem tekniği ile belirlenmiştir. my = $\pm 2{,}20\text{cm}$, mx = $\pm 2{,}44\text{cm}$ ve ms = $\pm 3{,}29\text{cm}$ standart sapmalar elde edilmiştir (Azkın, 2002).

Günümüzde öncelikle GPS teknolojisi ile birlikte detay alımında detay noktalarının konum doğruluklarını ve üretim hızını artırmak, aynı zamanda üretim maliyetini düşürebilmek amacıyla GPS destekli yeni detay alım yöntemlerinin araştırılmasına gereksinim duyulmuştur.

4.1. GPS Serbest İstasyon Tekniği (GPSSİT)

GPS ölçüm tekniği, günümüzde, klasik ölçme tekniklerinin yerlerini büyük bir hızla terk etmeye başladıkları, uydularla konum belirleme esasına dayanan modern bir ölçme tekniği olarak yaygın bir şekilde değişik amaçlarla tercih edilen bir ölçme tekniğidir. GPS ölçme tekniği, klasik yöntemlerle karşılaştırıldığında temeldeki mantık aynı olsa da uygulanış şekli açısından oldukça farklı bir yapı ortaya koymaktadır. Klasik yöntemlerde konumu bilinmeyen bir noktanın koordinatları, konumu bilinen noktalara yapılan ölçümler sonucunda kestirilirken, GPS tekniğinde de aynı mantık kullanılmaktadır. Yalnız aralarında çok temel bir farklılık vardır. Bu farklılık, klasik teknikler yerde tesis edilen ve konumu belirlenmek istene nokta ile görüşü bulunan belirli uzaklıklardaki konumu belirli noktaları kullanırken, GPS tekniği konumu bilinen bu noktaları uydular olarak yukarı uzaya almıştır. Böylece yerde tesis edilmesi gereken bu noktaların tesisi, görüş sorunu ve birbirlerine uzaklık sorunu gibi problemler giderildiği gibi yerellik sorunu da aşılarak 24 saat anlık sabit noktaya (GPS uyduları) ulaşma imkanı kullanılarak küresel bir konumlama tekniğine ulaşılmıştır.

Doğal olarak her teknik gibi GPS tekniğinin de kendine özel bazı sorunları vardır. GPS tekniği, uydulardan almış olduğu sinyallerle kenar kestirmei yaparak konum belirlemeyi esas aldığından, uydu sinyallerinin GPS alıcıları tarafından alınamadığı durumlarda konum çözümü yapılamamaktadır. Bu sorun açık arazilerde problem olmazken, özellikle şehirler gibi uydu sinyallerinin bloke edilebileceği ortamlarda, GPS tekniği, nokta konumunun elde edilmesine olanak sağlamayabilir.

Daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi, açık arazilerde GPS ile detay alımında tercih edilen yöntem, zemine nokta tesis edilip, bu noktaların konumları GPS ile belirlenmekte, buradan da detay alımına geçilmesi şeklindedir. Bu ise özellikle yapılaşmış bölgelerde projeye ek olarak zaman faktörünün yanı sıra personel, ölçüm ve tesis maliyeti açısından da bir yük getirmektedir.

Serbest istasyon tekniğinin uyumlandırılarak, GPS tekniği ile bütünleşik kullanılması durumunda bu problemlerin üstesinden gelebilen bir tekniğin kullanımı fikrinden hareket ederek, bu çalışma kapsamında geliştirilen ve uygulaması yapılarak

pratikte kullanılabilirliği konusunda analizleri verilen, TeT (Tek Tribrach) tekniğini kullanan GPSSİT (GPS Serbest İstasyon Tekniği) Yöntemi ve bu tekniğin detay alımına uygulanması çerçevesinde geliştirilen GPSSİT/TSK (GPS Serbest İstasyon Tekniği Total Station ile Kutupsal Alım) ve GPSSİT/TSU (GPS Serbest İstasyon Tekniği Total Station ile Uzunluk Kestirme) Yöntemleri ileride açıklanacaktır.

Bütünsel olarak GPSSİT (GPS Serbest İstasyon Tekniği) ile detay alım sistemi şeklinde isimlendirilen bu yeni detay alım tekniğinin çekirdeğini, bir GPS alıcısı ile bir TS`ın (Total Station), zorunlu merkezlendirilmelerinin, uygulanması son derece kolay ve basit bir teknik olan TeT (Tek Tribrach) tekniği ile yapılarak birleştirilmesi oluşturmaktadır.

Bu sistemin özünü oluşturan TeT zorunlu merkezlendirme tekniği, bu adı, GPSSİT/TSK (GPS Serbest İstasyon Tekniği Total Station ile Kutupsal Alım) ve GPSSİT/TSU (GPS Serbest İstasyon Tekniği Total Station ile Uzunluk Kestirmei) yöntemlerinde kullanılan GPS alıcısı ile TS'nın birleştirilmesinde zorunlu merkezlendirmeyi gerçekleştirmek için tek bir tribrach'ın kullanılmasından almaktadır. TeT birleştirme tekniğinin teorik amacını, TS ile gerçekleştirilen bir detay alım işleminde detaya ait ölçülerin dayandırıldıkları nokta olan TS'nin optik merkezinin koordinatlarının bir GPS anteni aracılığıyla toplanan GPS gözlemleri yardımıyla belirlenmesi oluşturur.

Daha önce de belirtildiği gibi, bu noktalar GPS destekli fotogrametrideki havai nirengiler benzeri, yine GPS yardımıyla havada belirlenen bir tür havai istasyon noktaları oldukları için GPS Serbest İstasyon Noktası veya kısaca GPSSİN olarak isimlendirilmişlerdir. GPSSİT/TSK ve GPSSİT/TSU yöntemlerinin uygulanmalarında önemli bir yere sahip olan bu GPSSİN'nın koordinatları ise, biri sabit diğeri gezici olmak üzere iki GPS alıcısı ile yürütülen ve GPS'teki pek çok sistematik hatayı giderebilme veya minimize edebilme özelliğine sahip olan GPS'in bağıl (rölatif) konum belirleme tekniklerinden ikili fark alma yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır (Çorumluoğlu 1998).

4.2.GPSSİT'de Tek Tribrach (TeT) Tekniği İle Zorunlu Merkezlendirme

GPSSİT ile detay alım yöntemlerinde ilk adım, Total Station (TS) aletinin arazide alımı yapılacak detay noktalarının alımlarının kolaylıkla yapılabileceği ve GPS uydu sinyallerinin GPS alıcısı tarafından kolaylıkla alınabileceği bir yere (belli bir sabit nokta üzerine kurulma kaygısı olmaksızın) kurulması işlemini içerir. Daha sonra ise, zorunlu merkezlendirme için, TS'ı sabitleyen Tribrach (tesviye üç ayağı) mandalı gevşetilerek TS yuvasından çıkartılır (Şekil 4.4) ve yerine mevcut GPS anteni tribrach yardımıyla yerleştirilir (Şekil 4.5). Tribrach TS yerleştirildiğinde düzeçlendiği için, GPS anteni de Tribrach'taki yuvaya yerleştirildiğinde zorunlu olarak düzeçlenmiş olacaktır. Burada her iki donanımın da düzeçlenmesi için tek bir tribrach kullanılması ve bu şekilde her ikisinin de aynı düşey doğrultuda düzeçlenmeye zorlandıkları için bu tekniğe TeT (Tek Tribrach) zorunlu merkezlendirme tekniği adı verilmiştir. Bu şekilde tribrach'ın üzerine yerleştirilen GPS anteni aracılığıyla yeterli bir süre (GPS`teki hızlı statik yöntem kullanılıyorsa 5-10 dakikalık, dur-git yöntemi kullanılıyorsa iki epokluk) GPS verisi toplanır. Bu veri, TS'nin optik merkezinin tanımladığı, GPS anteninin faz merkezi yardımıyla belirlenen ve detay ölçüleri için dayanak noktası olarak kullanılacak olan ve GPSSİN olarak adlandırılan serbest istasyon noktasının koordinatlarının elde edilmesinde kullanılmaktadır. GPS ölçümleri bittikten sonra GPS anteni aparatı ile birlikte Tribrach'ın üzerinden alınarak TS tekrar eski yerine yerleştirilir ve bilinen kutupsal alım yönteminde yapıldığı şekilde detay alımına devam edilir. (Kalaycı 2003).



Şekil 4.4: TS'nin Tribrach'tan çıkarılması (Kalaycı 2003).



Şekil 4.5: GPS Anteninin Tribrach'a yerleştirilmesi (Kalaycı 2003).

Yalnız burada, her ne kadar detay alımında detay noktalarına ait yükseklik değerlerinin üretilmesine genellikle gereksinim duyulmuyor olsa da, her ne kadar zorunlu merkezlendirme ile yatay yönde iki boyutta çakışma sağlanıyorsa da, her iki aletin yani GPS anteninin faz merkezi ile TS'nin optik merkezinin düşey doğrultuda aynı noktada çakışmayacağı bir gerçektir. Bu sebeple düzeçlenen tribrach'ın üst yüzeyi her iki alet tribrach'a yerleştirildiğinde sabit olacağından referans yüzey olarak alınır. Referans yüzey olarak alınan tribrach yüzeyinin ortometrik yüksekliği, GPS anten yüksekliğini (Δh_a) mm incelikte ölçmek suretiyle (Şekil 4.6) anten ofset değeri (Leica AT302 jeodezik anteni için ofset değeri 0,139 m.) ile birlikte değerlendirilerek (5.1) eşitliği ile elde edilir. Aynı tribrach üzerine TS monte edilmesi durumunda alet yüksekliği, referans yüzey olarak alınan tribrach'tan itibaren TS'nin optik merkezine olan uzunluk (Δh_b) mm incelikte ölçülerek (Şekil 4.7) ve (4.1, 4.2) eşitliği yardımıyla TS'nın optik eksen yüksekliği bulunur.



Şekil 4.6: TS'nın Optik Merkezinin Tribrach yüzeyine uzaklığı (Kalaycı 2003).



Şekil 4.7: GPS anteni referans yüzeyinin tribrach yüzeyine uzaklığı (Kalaycı 2003).

$$H_T = H_{GPS} - (\Delta h_{offset} + \Delta h_a) \quad (4.1)$$

$$H_{TS} = H_T + \Delta h_b \quad (4.2)$$

H_T : Tribrach referans yüzeyinin yüksekliği

H_{GPS} : GPS anten faz merkezinin yüksekliği

Δh_{offset} : GPS anteni ofset değeri (0,139 m)

H_{TS} : TS'nın optik merkezinin yüksekliği

Δh_a : Tribrach referans yüzeyi ile GPS anteni referans yüzeyi arasındaki yükseklik farkı

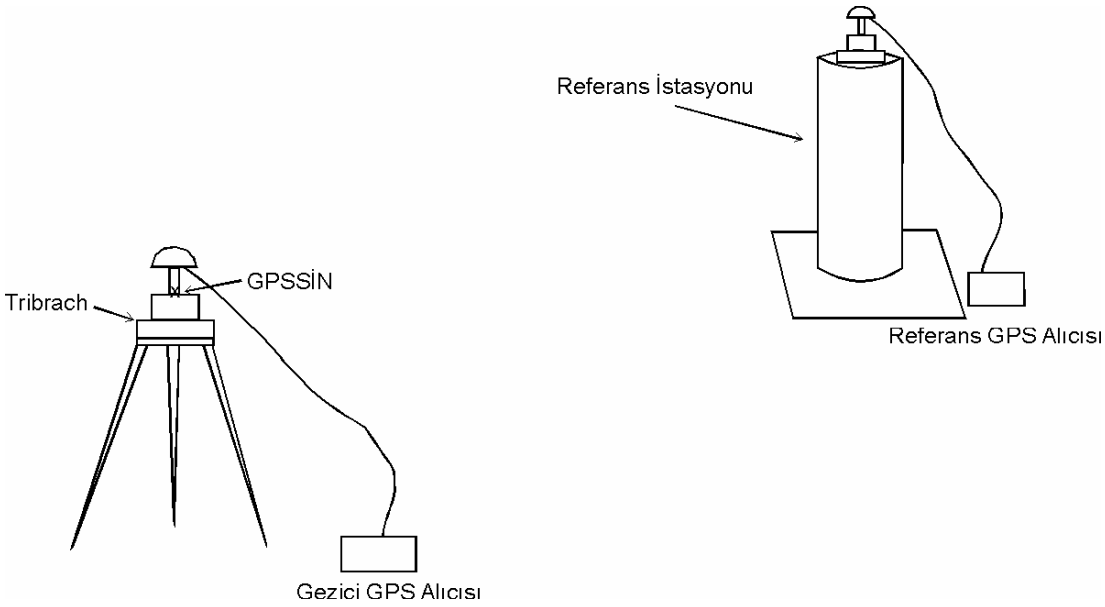
Δh_b : TS optik merkezi ile tribrach referans yüzeyi arasındaki yükseklik farkı

Aşağıda detayları verilecek olan GPSSİT/TSK yöntemi tüm detay noktalarının yüksekliklerinin hesaplanmasına da imkan sağlayan bir yöntem olduğu için, yüksekliklerin de belirlenmesinin istendiği durumlarda, detay noktalarına tutulan prizmanın yerden yüksekliğinin de kaydedilmesi gerekir (Kalaycı 2003).

4.3. GPS Serbest İstasyon Tekniği Total Station İle Kutupsal Alım (GPSSİT/TSK) Yöntemi

GPSSİT/TSK Yöntemi, GPSSİT (GPS Serbest İstasyon Tekniği) kullanılarak oluşturulan havai GPS noktaları GPSSİN' na kurulan Total Station (TS) yardımıyla uyumlandırılmış kutupsal alım yöntemine göre detay noktalarının konumlarını elde etme yöntemidir. Buradaki uyumlandırılmış kutupsal alım yönteminden kasıt, klasik kutupsal alım yönteminde de kullanılan sabit noktaların yerini burada GPSSİN'nın almış olmasıdır. GPSSİN, GPSSİT yardımıyla belirlenen ölçüm aleti referans noktası şeklindeki genel bir ifadeyle tanımlanabileceği gibi, burada ise GPSSİT ile koordinatları belirlenen havadaki TS optik merkezidir. Bu yöntemin uygulanabilmesi, GPS kullanılarak konumu belirlenen GPSSİN'nın GPS koordinatlarının yerel koordinat sistemine (ED-50 datumu) dönüşümünü gerektirmektedir. Bu nedenle önceden jeodezik olarak WGS-84 koordinatları belirlenmiş bir referans noktasına ve çalışma bölgesinin WGS-84 koordinat sistemi ile yerel koordinat sistemi arasındaki dönüşüm parametrelerine ihtiyaç vardır.

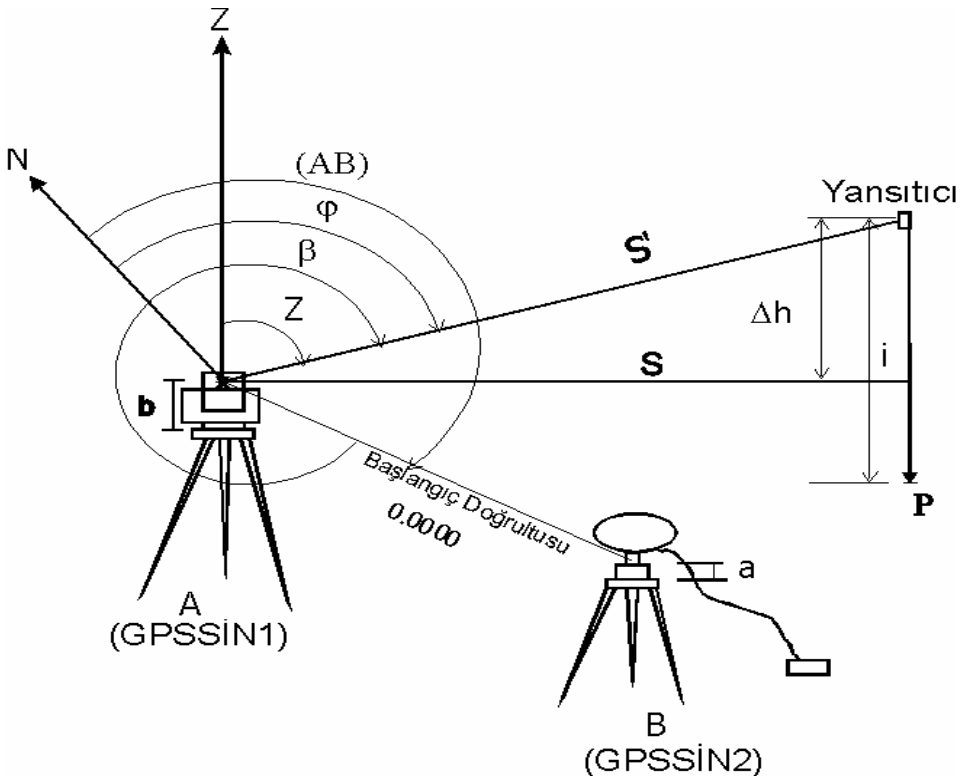
GPSSİT/TSK Yöntemi istenilen doğruluk, zaman ve maliyet göz önünde tutularak, Hızlı Statik veya Stop and Go GPS gözlem tekniği kullanılarak uygulanabilir. Bu yöntemin uygulanmasında cm seviyesinde doğruluk veren bağıl konum belirleme tekniğinin kullanılması uygun olacaktır. Bu nedenle, GPS alıcılarından biri referans istasyonuna kurulurken diğeri ise gezici GPS alıcısı olarak görev yapar ve GPSSİN konumunu tespit etmek amacıyla kullanılır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 : GPSSİT/TSK yönteminde GPS alıcılarının durumu (Kalaycı 2003).

GPSSİT/TSK yönteminin uygulanmasında, bilinen klasik kutupsal alım yöntemindekine benzer şekilde iki adet konumu bilinen sabit noktaya gereksinim vardır. Bu nedenle GPS anteni aracılığıyla iki adet GPSSİN'nın konumlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda gezici GPS anteni ile detay alımı yapılacak 1.GPSSİN'nın konumu belirlendikten sonra GPS anteni tribrach'tan çıkartılarak 2.GPSSİN'na taşınır. Burada, alet sehpası üzerinde düzeçlenmiş durumda olan tribrach'a monte edilir ve GPS verileri toplanarak kayıt edilir. Daha sonra 1.GPSSİN'ndaki tribrach'a Total Station (TS) yerleştirilerek ölçüme hazır hale getirilir. Ölçüye hazır hale getirilen TS 2.GPSSİN'ndaki GPS anteni merkezine yöneltilerek yatay açısı sıfıra bağlanır (Şekil 4.9). TS yatay açısı sıfıra bağlandıktan sonra, detay noktasına yöneltilir, ölçme modu "yatay açı (YA), yatay uzunluk (YM), kot farkı (KF)" moduna alınarak durulan ve bakılan nokta koordinatları sıfır girilir ve detay noktalarına ait ham data alımı gerçekleştirilir. 1.GPSSİN'ndan alınabilecek detayların ölçümü tamamlandıktan sonra TS tribrach'ın mandalı gevşetilerek çıkartılır ve 2.GPSSİN'na taşınır. 2.GPSSİN'ndaki GPS anteni tribrach'ın mandalı gevşetilerek çıkartıldıktan sonra bu sefer 3.GPSSİN'na taşınır ve burada da alet

sehpası üzerinde düzeçlenmiş durumda olan tribrach'a monte edilerek GPS verileri toplanır ve kayıt edilirler. Bu arada TS, 2.GPSSİN'ndaki tribrach'a yerleştirilir ve ölçüye hazır hale getirildikten sonra 3.GPSSİN'ndaki GPS anteni merkezine yatay açı sıfırlanır. 1.GPSSİN'ndan alımı yapılan son detay noktasından itibaren detay alımına devam edilir. Bu şekilde zincirleme GPSSİN oluşturularak detay alımı sürdürülür. Alım işlemi tamamlandıktan sonra GPS verileri ve TS ile elde edilen ham veriler ilgili değerlendirme programları yardımıyla değerlendirilirler. Arazi verilerinin merkeze aktarılması ve verilerin değerlendirilmesi ile ilgili geniş bilgi uygulama bölümünde verilecektir. Detay noktasına ait konum bilgileri ise, (4.3) eşitliği yardımıyla hesaplanır (Kalaycı 2003).



Şekil 4.9: GPSSİT/TSK yönteminin çalışma prensibi (Kalaycı 2003).

$$
\begin{aligned}
S &= S^{I}.\sin Z \\
\Delta h &= S.\cos Z \\
\varphi &= (AB) + \beta \\
Y_P &= Y_{GPSIN\ 1} + S.\sin\varphi \\
X_P &= X_{GPSIN\ 1} + S.\cos\varphi
\end{aligned}
\qquad (4.3)
$$

(4.3) bağıntısında;

(AB) : GPSSİN1'den GPSSİN2'ye olan semt açısı

φ : GPSSİN1'den P'ye olan semt açısı

β : Başlangıç doğrultusundan P'ye olan yatay açı

a : GPS için alet yüksekliği

b : TS optik ekseninin tribrach'ın referans yüzeyinden olan düşey uzaklığı (alet yüksekliği)

i : Reflektör yüksekliği (işaret yüksekliği)

S^I : Eğik uzunluk

S : Yatay uzunluk

Δh : TS'nın optik ekseni ile reflektör arasındaki düşey uzunluk

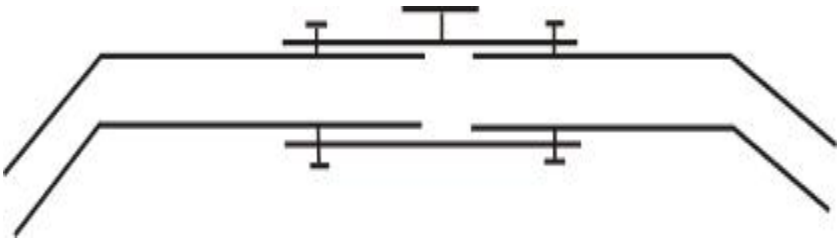
Z : Zenit açısı

olarak kullanılmıştır.

5. MOTORİZE GPSSİT Yöntemi

GPS Destekli Motorize Detay Alım Tekniği, zeminde uygulanan GPSSİT'in (GPS Sanal İstasyon Tekniği) bir araç üzerine uygun aparatlar kullanılarak yerleştirilmesi ve motorize hale getirilmesi şeklindeki bir uygulamadır. Yapılacak olan projede yöntem olarak GPSSİT kullanılacaktır. Yöntem basit bir anlatımla şu şekilde uygulanmaktadır. Tribrach üzerinde GPS ile 3 boyutlu konum bilgisi elde edilen sanal nokta, tek tribrach kullanmak (aynı referans yüzey ve aynı merkezlendirme) suretiyle aynı tribrach üzerine Total Station yerleştirilerek, Total Station için durulan nokta, diğer trbrach üzerindeki GPS anten merkezi de Total Station için bakılan nokta ve sıfır başlangıcı olarak alınarak uygulanır.

GPS Destekli Motorize Detay Alım Tekniği ile zeminde uygulanan GPSSİT, kasalı kamyonet tipi bir araç üzerine uygun aparatlar monte edilerek motorize hale getirilerek uygulanmaktadır. Detay alımı yapılacak (Total Station monte edilecek olan) aparat, her türlü kasa uzunluğuna uyması amacıyla birbirine geçmeli çelik profilden dizayn edilmiştir (Şekil 5.1). Bu aparat üzerine oturtulacak tabla ve tabla üzerindeki vidaya monte edilecek olan tribrach ise (Şekil 5.2) 'da verilmiştir.



Şekil 5.1: Detay alımı yapılacak olan aparatın yandan görünümü



Şekil 5.2: Profil üzerine monte edilecek tabla ve tribrach'ın üstten görüntüsü.

Kamyonet kasasının en uzak köşesine ise GPS anteninin devamlı bulunacağı tribrach monte edilmiş bir aparat takılmaktadır (Şekil 5.3). GPS gözlem tekniği olarak Dur-Git veya RTK gözlem teknikleri kullanılabilmektedir.



Şekil 5.3: Total Station için bakılan nokta aparatı

Aparatların araç üzerindeki genel görüntüsü (Şekil 5.4)’ de verilmiştir.



Şekil 5.4: Aparatların genel görünümü.



Şekil 5.5: TS’ nin Detay alımı yapılacak aparatın üzerine yerleştirilmesi.



Şekil 5.6: TS'nin GPS alıcısına yatay Açı Sıfır ile Bağlanması



Şekil 5.7: Motorize GPSSİT yöntemiyle yetay noktalarının alımının yapılması

5.1. Uygulamalarda Kullanılan Donanım ve Yazılımlar

Seçilen test alanında uygulanan yöntemlerin gereksinim duyduğu donanım ve yazılımlar, uygulama kapsamında kullanıldıkları kadarıyla verilmişlerdir.

5.1.1 MOTORİZE GPSSİT yöntemi ile kullanılan donanım ve yazılımlar

Donanımlar:

- Leica SR9500 çift frekanslı GPS alıcısı (2 adet)
- TOPCON GPT 3007 Elektronik Takeometre
- 1 adet detay alım aparatı
- 1 adet mobil araç

Yazılımlar:

- Leica SKI 2.3 GPS değerlendirme yazılımı
- TopV5 Topcon Total Station Software
- NetCad For Windows 4.0.025.5 yazılımı
- Microsoft Office 2003 yazılımı

5.1.2 Klasik yöntem ile kullanılan donanım ve yazılımlar

Donanımlar:

- Topcon GTS–701 Total Station (1 adet)
- Alet sehpası (1 adet)
- Jalon, Jalonet ve Jalon sehpası (3 adet)
- Prizma (yansıtıcı) (2 adet)
- Çelik Şerit Metre (1 adet)
- Çekül (3 adet)

Yazılımlar:

- TopV5 Topcon Total Station Software
- Poligon hesabı yazılımı

5.2 Motorize GPSSİT Detay Alımı Çalışmaları

GPS Destekli Motorize Detay Alım Tekniği, zeminde uygulanan GPSSİT'in (GPS Sanal İstasyon Tekniği) bir araç üzerine uygun aparatlar kullanılarak yerleştirilmesi ve motorize hale getirilmesi şeklindeki bir uygulamadır. Yapılmış olan projede yöntem olarak GPSSİT kullanılmıştır. Yöntem basit bir anlatımla şu şekilde uygulanmaktadır. Tribrach üzerinde GPS ile 3 boyutlu konum bilgisi elde edilen sanal nokta, tek tribrach kullanmak (aynı referans yüzey ve aynı merkezlendirme) suretiyle aynı tribrach üzerine Total Station yerleştirilerek, Total Station için durulan nokta, diğer tribrach üzerindeki GPS anten merkezi de Total Station için bakılan nokta ve sıfır başlangıcı olarak alınarak uygulanır. GPS Destekli Motorize Detay Alım Tekniği ile zeminde uygulanan GPSSİT, kasalı kamyonet tipi bir araç üzerine uygun aparatlar monte edilerek motorize hale getirilerek uygulanmaktadır.

Detay alımı yapılacak (Total station monte edilecek olan) aparat, her türlü kasa uzunluğuna uyması amacıyla birbirine geçmeli çelik profilden dizayn edilmiştir. Kamyonet kasasının en uzak köşesine ise GPS anteninin devamlı bulunacağı tribrach monte edilmiş bir aparat takılmaktadır. GPS gözlem tekniği olarak Dur-Git veya RTK gözlem teknikleri kullanılabilmektedir. Projede Dur-Git gözlem tekniği kullanılmıştır. Daha önce klasik olarak ve GPSSİT yöntemiyle koordinatları bulunan noktaların MOTORİZE GPSSİT yöntemi ile koordinatları bulundu. Alım işlemine başlamadan önce GPS alıcılarından biri Müh. Mim. Fak. yakınındaki pilyeye kurularak sürekli olarak gözlem yapıldı. Diğer alıcı ise gezici olarak detay alım noktalarının koordinatlarının belirlenmesinde kullanıldı.

Öncelikle GPS alıcısı uygun bir yerde, tribrach monteli detay alımı yapılacak olan aparatın üzerine yerleştirerek ambiguity çözümü yapılmaya başlandı. 60 epoch veri alındıktan sonra bu nokta (durulan nokta) nın koordinatları belirlenmiş oldu. Buradan çıkarılan GPS alıcısı yerine TS yerleştirildi. GPS alıcısı ise kasanın köşesindeki tribrach monteli aparatın üzerine yerleştirildi. Burada STOP and GO yöntemiyle bu nokta (bakılan nokta) nın koordinatları belirlendi. Daha sonra TS, GPS alıcısına yatay açı sıfır ile bağlanıldı ve bu noktadan başlayarak görülebilen tüm detay noktalarının alımı yapıldı. Sonra araç hareket ettirilerek detay noktalarını iyi görebileceğimiz uygun bir yerde durduruldu.

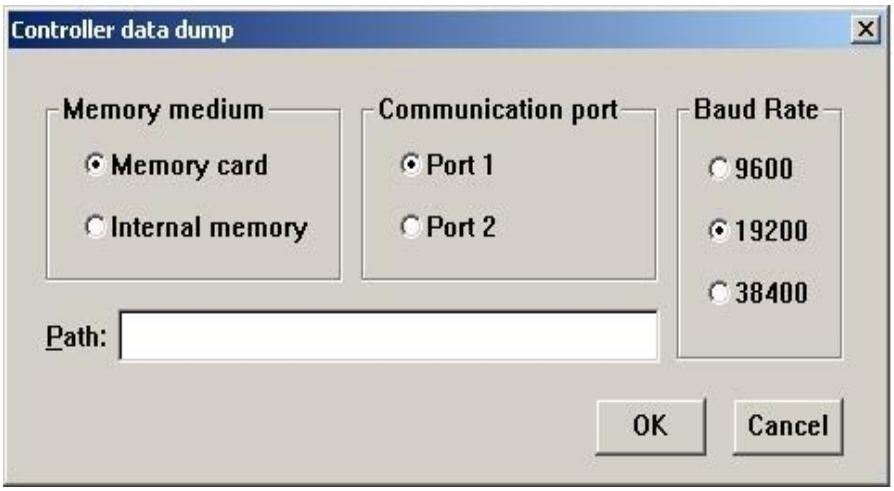
TS detay alımı yapılacak aparatın üzerinden çıkarılarak bunun yerine GPS alıcısı yerleştirildi. Burada STOP and GO yöntemiyle bu nokta (durulan nokta) nın koordinatları belirlendi. Koordinatlar belirlendikten sonra alıcı buradan alınarak kasanın köşesinde ki tribrach monteli aparatın üzerine yerleştirildi. STOP and GO yöntemiyle bu noktanın (bakılan nokta) koordinatları belirlendi. TS de detay alımı yapılacak olan aparatın üzerine yerleştirildi. Daha sonra TS, GPS alıcısına yatay açı sıfır ile bağlanıldı ve bu noktadan başlayarak görülebilen tüm detay noktalarının alımı yapıldı. İşleme bu şekilde devam edilerek ham datalar TS hafızasına kaydedildi ve MOTORİZE GPSSİT ile detay alımı tamamlandı. Arazide TS ve GPS hafızasına kaydedilen ham datalar bilgisayara aktarılarak detay noktalarının koordinatları belirlendi.

5.3. Motorize GPSSİT Yöntemi İçin GPS Verilerinin Değerlendirilmesi

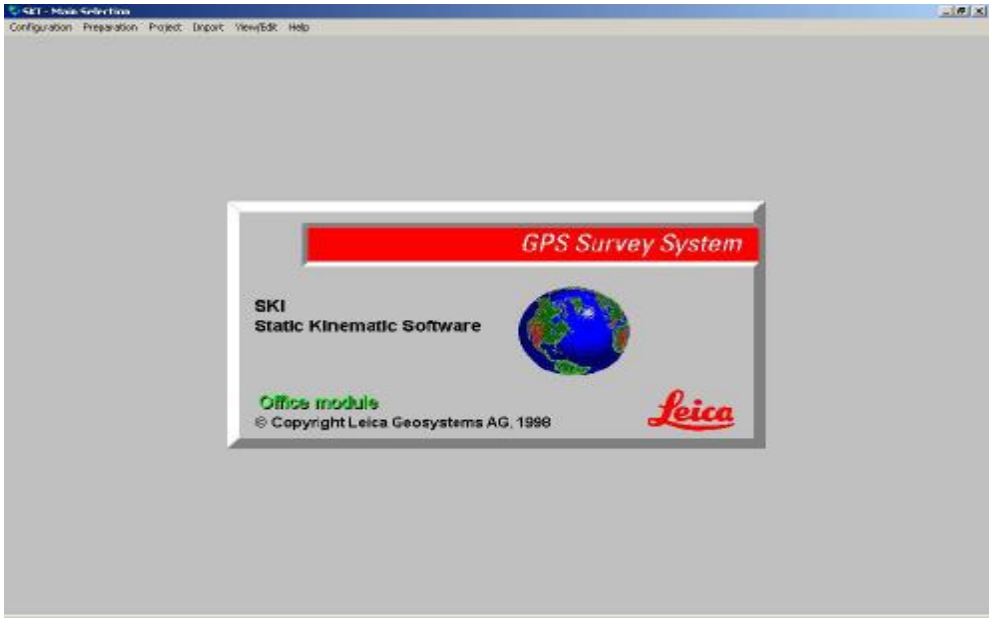
GPS verileri arazide stop and go GPS gözlem tekniği kullanılarak toplanmış olup, GPS verilerinin alımında ise GPS alıcısı olarak Leica SR9500 ve anten tipi olarak da AT-302 kullanılmıştır. Bu verilerin değerlendirilmesinde ise SKI 2.3 GPS değerlendirme yazılımı kullanılmıştır.

Değerlendirme işlemine başlanılmadan önce, arazide toplanan verilerin bilgisayar ortamına aktarılması gerekmektedir. Bu aktarı işlemi SKI 2.3 yazılımının CTRLDUMP menüsü yardımıyla gerçekleştirilmektedir (Şekil 5.8).

Değerlendirmede, arazide referans istasyonu olarak alınan noktanın WGS-84 koordinatları sabit alınmıştır. Ambiguity çözüm tekniği olarak FARA Ambiguity çözüm tekniği kullanılmıştır. İkili Fark (Double Differences) tekniği kullanılarak, TS kurularak detay alımı yapılan GPSSİN'nın WGS-84 koordinatları, referans istasyonu WGS-84 koordinatları sabit alınıp dengeleme yapılarak hesaplanmıştır. Daha sonra dengelenmiş GPSSİN WGS-84 koordinatları, bölgeye ait (WGS-84 – ED-50 arasındaki) dönüşüm parametreleri kullanılarak ED-50 datumuna dönüştürülmüştür. ED-50 datumuna dönüştürülen GPSSİN koordinatları TS için durulan ve bakılan nokta koordinatları olarak kullanılmıştır. Yazılımın ara yüzü (Şekil 5.9)'de gösterildiği gibidir.



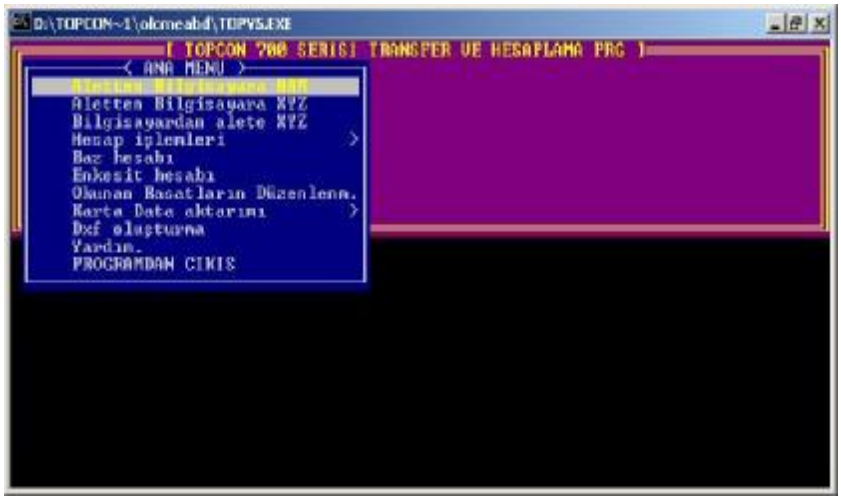
Şekil 5.8: GPS verilerinin bilgisayara aktarılması



Şekil 5.9: GPS değerlendirme yazılımı ara yüzü

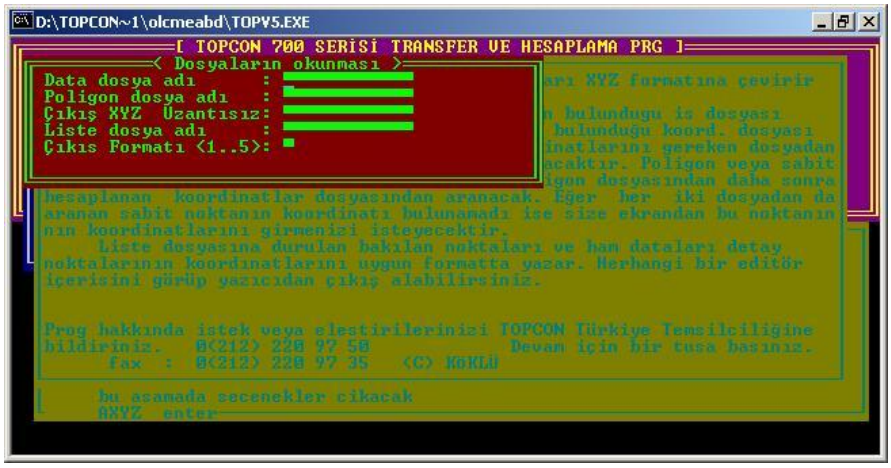
5.4. Motorize GPSSİT Yöntemi İçin TS Verilerinin Değerlendirilmesi

Arazide TS olarak Topcon GPT-3007 kullanılmıştır. TS verilerinin değerlendirilmesinde ise firmanın bu nesil aletler için ürettiği TopV5 yazılımı kullanılmıştır. TS'dan ham datalar bilgisayar ortamına aktarımı, TopV5 yazılımının "Aletten Bilgisayara Ham" data aktarımı mönüsü kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.10). Bu yazılım, detay alımında kullanılan durulan ve bakılan nokta koordinatlarını içeren poligon dosyası ve ham dataları içeren data dosyasını birlikte değerlendirerek detay noktası koordinatlarını elde edilmesini sağlamaktadır. Detay alımında kullanılan durulan ve bakılan nokta (GPSSİN) koordinatları dosyası ise, GPS değerlendirmesi sonucunda elde edilen GPSSİN koordinatların TopV5 yazılımının istediği formatta düzenlenmesiyle oluşturulan dosyadır.



Şekil 5.10 : TS verilerinin bilgisayara aktarılması

Dosya oluşturma işlemleri bitirildikten sonra TopV5 yazılımının “Hesap İşlemleri” mönüsü seçilerek, oluşturulan data dosyası ve poligon dosya adı yerine de GPSSİN koordinatlarının oluşturduğu dosya ismi txt uzantılı olarak girilir (Şekil 5.11). Yazılım, hesaplama işlemlerini bitirdikten sonra detay noktalarının koordinatlarını içeren yeni bir dosya oluşturmaktadır. Daha sonra bu dosya uygun bir CAD (Netcad, Eghas vs.) yazılımında açıldığında ise, istenilen bir ölçekte detay noktalarının dökümünden oluşan noktaların birleştirilmesi ile sayısal bir harita elde edilebilmektedir.



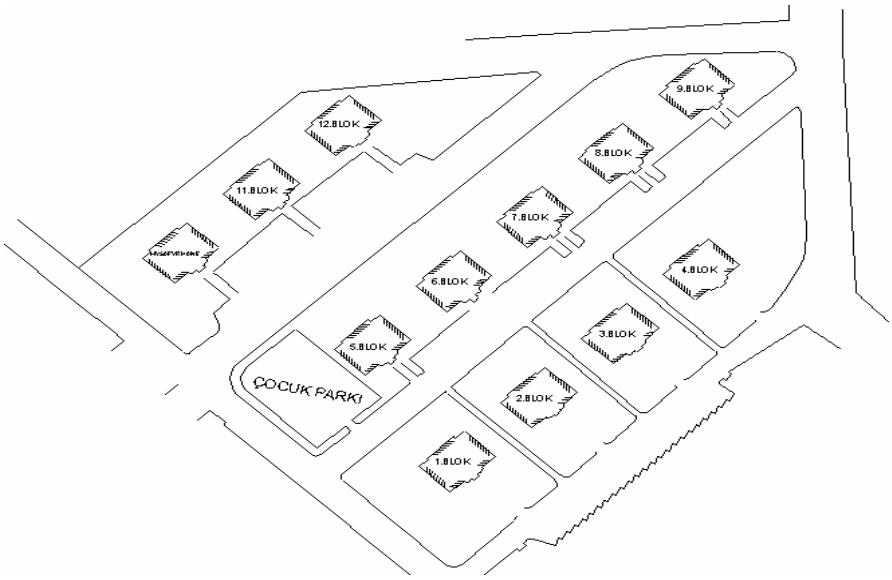
Şekil 5.11: Dosyaların yazılıma girilmesi

6. UYGULAMALAR

6.1. Uygulama Alanının Tanıtımı

Bu çalışmayla, detay alımında kullanılmaları önerilen ve GPSSİT/TSK'ı kullanan MOTORİZE GPSSİT detay alım yöntemini pratikte kullanılabilirliğini test etmek amacıyla Konya Selçuk Üniversitesi Aleaddin Keykubat Kampüsü içinde yer alan 12 blok ve 4 sokaktan oluşan lojmanlar bölgesi seçilmiştir(Şekil 6.1)

Lojmanlar bölgesinde bulunan binaların, otoparkın, park alanının kırık noktaları, yollar ve arazinin topografyasını oluşturmak için alınan detayların ölçümü yapılmıştır. Ölçümü yapılan bu noktalar, doğrudan ölçümü yapılabilen noktalar ve doğrudan ölçümü yapılamayan noktalar olarak düzenlenmiştir.



Şekil 6.1: Çalışma alanı

6.2. Uygulama Sonuçları Ve Değerlendirilmesi

6.2.1. Yöntemlerin karşılaştırılması

Kampüs test alanının detay alımı uygulama sonuçlarının analizi, doğruluk ölçütlerinin analizi ve maliyet analizi olmak üzere iki şekilde yapılmıştır.

6.2.2 Doğruluk ölçütleri analizi

Uygulama sonuçlarının doğruluk ölçütü analizleri, Klasik - Motorize GPSSİT, GPSSSİT - Motorize GPSSİT yöntemleri ile alımı yapılan detay noktaları için ayrı ayrı yapılmıştır. Klasik - Motorize GPSSİT yöntemleri ile alımı yapılan 344 detay noktası için, GPSSSİT - Motorize GPSSİT yöntemleri ile alımı yapılan 357 detay noktası GPSSİT/TSK yöntemi kullanılarak elde edilen detay noktalarının koordinatları arasındaki farklardan (Ek-3), (Ek-4) ve (Ek-5) 'de elde edilen konum hataları değerlendirilmiştir. Bu sonuçların Büyük ölçekli harita yönetmeliğinde (B.Ö.H.H.B.Ü.Y) öngörülen bina detaylarının konum ve yüksekliklerini belirleyen ilgili maddelerine uygun olup olmadığı irdelenmiştir

Tablo 6.1: GPS ile doğrudan alımı yapılan detaylar için F testi sonuçları

Referans Yöntem	**Karşılaştırılan Yöntemler**	**Konum Hataları (cm)**	**Serbestlik Derecesi (f=n-1)**	**F (Test)** $\frac{m_1^2}{m_2^2}$	**F (Tablo)** $F_{f_2,f_1,1-\frac{\alpha}{2}}$	**SONUÇ % 95 olasılıkla**
KLASİK/TSK	GPSSİT/ TSK MOTORİZE-GPSSİT	$m_1 = \pm 5.57$ $m_2 = \pm 5{,}14$	282 343	1,1743	1,2643	$F_{TEST} \langle F_{TABLO}$ **Aynı Doğrulukta**
GPSSİT/TSK	KLASİK/TSK MOTORİZE-GPSSİT	$m_1 = \pm 5.57$ $m_2 = \pm 4{,}48$	282 356	1,5458	1,2643	$F_{TEST} \rangle F_{TABLO}$ Aynı Doğrulukta Değil
MOTORİZE-GPSSİT	KLASİK/TSK GPSSİT/TSK	$m_1 = \pm 5.14$ $m_2 = \pm 4{,}48$	343 356	1,3163	1,2643	$F_{TEST} \rangle F_{TABLO}$ Aynı Doğrulukta Değil

Tablo 6.2: GPS ile doğrudan alımı yapılamayan detaylar için F testi sonuçları

Referans Yöntem	**Karşılaştırılan Yöntemler**	**Konum Hataları (cm)**	**Serbestlik Derecesi (f=n-1)**	**F (Test)** $\frac{m_1^2}{m_2^2}$	**F (Tablo)** $F_{f_2,f_1,1-\frac{\alpha}{2}}$	**SONUÇ % 95 olasılıkla**
KLASİK/TSK	GPSSİT/ TSK MOTORİZE-GPSSİT	$m_1 = \pm 5{,}33$ $m_2 = \pm 5.28$	97 97	1,0190	1,3900	$F_{TEST} \langle F_{TABLO}$ **Aynı Doğrulukta**
GPSSİT/TSK	KLASİK/TSK MOTORİZE-GPSSİT	$m_1 = \pm 5{,}33$ $m_2 = \pm 4{,}43$	97 85	1,4476	1,3900	$F_{TEST} \rangle F_{TABLO}$ Aynı Doğrulukta Değil
MOTORİZE-GPSSİT	KLASİK/TSK GPSSİT/TSK	$m_1 = \pm 5{,}28$ $m_2 = \pm 4{,}43$	97 85	1,4206	1,3900	$F_{TEST} \rangle F_{TABLO}$ Aynı Doğrulukta Değil

6.2.3 Maliyet analizi

Kampus içerisinde lojmanlar bölgesinde yapılan uygulama sonuçlarının maliyet analizi, alımı yapılan detaylar tüm test alanı için yapılmış ve yöntemlerin proje maliyetleri karşılaştırılmıştır.

Bu maliyet analizi ile proje sahasında yöntemlerin hız, zaman ve yöntemlerin kullanılırlığı yönünden incelenmiştir.

6.2.3.1 GPS ile alımı yapılan detayların klasik yöntem için maliyet analizi

- Kullanılan sabit noktalar : 16 poligon
- Kullanılan donanım : Topcon GTS 701 (Total Station) , Bilgisayar
- Poligon istikşaf ve tesisi : (6 saat)
- Poligon röper işleri : (3 saat)
- Poligon açı ve kenar ölçümü
- Kontrol ve hesap işleri : (5 saat)
- Detay Alımı (14 adet blok) : (10 saat)
- Arazi Ekibi : 5 (teknisyen)

Tablo 6.3: 2008 yılı 1.yarıyıl iller bankası ve T.M.M.O.B. harita kadastro mühendisleri odası birim fiyatlarına göre klasik yöntem için maliyet analizi;

Yapılan iş	Birim Fiyatı (YTL)	İş Birimi	Proje Maliyeti (YTL)	Proje Maliyeti ($)
Total Station	26,67	15	400,05	319,53
Bilgisayar	2,00	2	4,00	3,33
Poligon zemin tesisi,röper ölçüsü ve krokisi	152,29	16 Poligon	2.436,64	1.946,20
Poligon açı ve kenar ölçümü	61,20	16 Poligon	2.358,24	1.883,58
Poligon Hesabı	147,39	16 Poligon	7.834,40	6.257,51
Detay Alımı (5 teknisyen için)	489,65	10	4.896,50	3.910,94
TOPLAM	**879,20**		**17.929,83**	**14.321,09**

1 $ = 1.2025 YTL

6.2.3.2 GPS ile alımı yapılan detayların GPSSİT/TSK için maliyet analizi

- Kullanılan donanım : Topcon GTS 701 (Total Station), GPS (2 adet), Bilgisayar
- Referans noktası sayısı : 1
- Çalışma alanına ait dönüşüm katsayıları : Mevcut
- Detay Alımı (14 adet blok) : (7 saat)
- Arazi Ekibi : 5 (teknisyen)

Tablo 6.4 2008 yılı 1.yarıyıl iller bankası ve T.M.M.O.B. harita kadastro mühendisleri odası birim fiyatlarına göre GPSSİT/TSK yöntemi için maliyet analizi;

Yapılan iş	Birim Fiyatı (YTL)	İş Birimi	Proje Maliyeti (YTL)	Proje Maliyeti ($)
Total Station	26,67	7	186,69	149,11
GPS (2 alıcı)	360,00	7	2.520,00	2.012,78
Bilgisayar	2,00	4	8,00	6,65
Detay Alımı (5 teknisyen için)	489,65	7	3.427,55	2.737,66
TOPLAM	**878,32**		**6.142,24**	**4.906.02**

1 $ = 1.2025 YTL

6.2.3.3. GPS ile alımı yapılan detayların MOTORİZE GPSSİT için maliyet analizi

- Kullanılan donanım :Topcon GPT 3007 (Total Station), GPS (2 adet), Bilgisayar
- Referans noktası sayısı : 1
- Çalışma alanına ait dönüşüm katsayıları : Mevcut
- Detay Alımı (A, B, C Binaları) : (6 saat)
- Arazi Ekibi : 5 (teknisyen)
- Mobil Araç : (6 saat)

Tablo 6.5: 2008 yılı 1.yarıyıl iller bankası ve T.M.M.O.B. harita kadastro mühendisleri odası birim fiyatlarına göre MOTORİZE GPSSİT yöntemi için maliyet analizi;

Yapılan iş	Birim fiyatı (YTL)	İş birimi	Proje Maliyeti (YTL)	Proje Maliyeti ($)
Total Station	26,67	7	186,69	149,11
GPS (2 alıcı)	360,00	7	2.520,00	2.012,78
Bilgisayar	2,00	4	8,00	6,65
Detay Alımı (4 teknisyen için)	489,65	6	2.937,90	2.346,57
Mobil Araç	10,00	6	60,00	49,90
TOPLAM	**888,32**		**5.712,59**	**4.565,01**

1 $ = 1.2025 YTL

GPS ile doğrudan alımı yapılamayan detaylar ve test alanının tamamı için yapılan maliyet analizlerinde Klasik yöntemin, GPS destekli yöntemlere oranla maliyetinin çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bu maliyetin ana sebeplerinden birisi zaman ve diğeri de zemin tesisidir. GPSSİT/TSK ve MOTORİZE GPSSİT Yöntemleri ile uygulama kolaylığı olası dolayısıyla zaman tasarrufu ve zemin tesisini ortadan kaldırması gibi özelliklerinden dolayı düşük maliyette sayısal harita yapımı gerçekleştirilebilmektedir.

Yöntemlerin proje maliyetlerine bakıldığında, maliyeti en düşük yöntem olan GPSSİT/TSK Yönteminin tüm test alanı için Klasik Yöntemin maliyetine oranla % 66 oranında maliyetinin daha düşük, MOTORİZE GPSSİT Yönteminin maliyetinin de yine Klasik Yöntemin maliyetine oranla % 68 daha düşük olduğu görülmektedir. Bu da bize, geliştirilen GPS destekli MOTORİZE GPSSİT Yöntemi günümüz mühendislik ölçmelerinde aranılan kriter olan zaman, maliyet ve doğruluk kriterlerine uygun bir yaklaşım sergilediğini göstermektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Motorize GPSSİT Yönteminin uygulanabilirliğini test etmek amacıyla Selçuk Üniversitesi Alaeddin Keykubat Kampüsünde yer alan Lojmanlar bölgesinde bir test alanı belirlenmiş ve GPSSİT ve Motorize GPSSİT yöntemleriyle detay alımı gerçekleştirilmiştir.

GPS alıcıları olarak Leica SR 9500 GPS alıcıları kullanılmış ve Dur-Git ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Total Station olarak da Reflektörsüz Topcon GPT 3007 aleti kullanılmıştır. Detay alım işleminde Total station olarak reflektörsüz (laser) total station kullanıldığı için detay noktasının yanına gitme zorunluluğu da ortadan kaldırılmış ve tüm detay alım işlemleri araç üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Uygulamada doğrudan alımı yapılan ve yapılamayan detay noktaları karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan alım işlemi sonucu detay alım noktaları arasındaki koordinat farklarının "Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde belirtilen hata sınırları içinde kaldığı görülmüştür. Test alanında GPS ile alımı yapılan detayların karşılaştırma sonuçları Tablo 9 ve Tablo 10' de verilmiştir.

Tablo 7.1: Doğrudan alımı yapılan detayların karşılaştırma sonuçları

Yöntemler	**M_h (cm)** $\pm\sqrt{\frac{[VhVh]}{n}}$	**M_p (cm)** $\pm\sqrt{\frac{([VxVx]+[VyVy])}{n}}$
Klasik – MOTORİZE GPSSİT	**± 5,68** (n = 246)	**± 5,14** (n = 344)
GPSSİT – MOTORİZE GPSSİT	**± 4,26** (n = 318)	**±4,48** (n = 357)
Klasik – GPSSİT	**±5,85** (n = 186)	**±5,57** (n = 283)

Tablo 7.2 : Doğrudan alımı yapılamayan detaylarların karşılaştırma sonuçları

Yöntemler	**M_p (cm)** $\pm\sqrt{\frac{([VxVx]+[VyVy])}{n}}$
Klasik – MOTORİZE GPSSİT	**± 5,28** (n = 98)
GPSSİT – MOTORİZE GPSSİT	**±4.43** (n = 86)
Klasik – GPSSİT	**±5,33** (n =98)

Ölçülerdeki V_{MAX} ve $V_{MİN}$ değerleri Tablo11'de gösterilmiştir.

Tablo 7.3: Doğrudan alımı yapılan detayların $V_{Max.}$ ve $V_{Min.}$ Değerleri

	X (cm)	**Y (cm)**	**H (cm)**
Max.	8.80	8.90	8.80
Min.	0.00	0.00	0.01

Tablo 7.4: Doğrudan alımı yapılamayan detayların $V_{Max.}$ ve $V_{Min.}$ Değerleri

	X (cm)	**Y (cm)**	**H (cm)**
Max.	8.60	8.50	0.00
Min.	0.01	0.03	0.00

Uygulama sonuçları, kullanım kolaylığı, zaman ve maliyet avantajları da göz önüne alındığında Motorize GPSSİT Yönteminin uygulanabilir bir yöntem olduğu görülmektedir.

Ek-2'de verilen İller Bankası Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığı tarafından 2002 yılına ait Özel Teknik Şartnamede Detay Ölçmeleri bölümünün 61. ve 62. maddelerinde GPS ile detay ölçmeleri için istenilen koşullar ortaya konmuştur (İ.B.Ö.T.Ş).

Yukarıdaki şartnamede, bina köşesi, ağaç gövdesi, telefon, elektrik direkleri vb. detayların GPS ile doğrudan alımının yapılamayacağı açıkça belirtilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen MOTORİZE GPSSİT Yönteminin bu gibi GPS ile doğrudan alımı yapılamayan problemli detayların alımında büyük kolaylıklar ve klasik yöntemlere nazaran yüksek doğruluklu detay konumlarının elde edilmesini sağlayacaktır.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen ve uygulaması yapılan MOTORİZE GPSSİT yöntemi, uygulama sonuçları ve analizler de göz önüne alındığında uygulanabilir yöntemler olarak görünmektedir. GPS destekli detay alım yöntemlerinde olduğu gibi MOTORİZE GPSSİT yöntemi de en büyük dezavantajı yoğun yapılaşmanın olduğu bölgelerde çalışma zorluğudur. Bu tür bölgelerde konum doğruluğunun düşmesi veya GPS alıcısının uydu görüşünü sağlayamadığı durumlarla karşılaşılabilmektedir. Bu dezavantajların giderilebilmesi amacıyla, son yıllarda üretilen alıcılar, GLONASS uydularından da veri alabilecek şekilde donatılmışlar ve GPS uydularının yetersiz kaldığı durumlarda konum doğruluğu artırıcı rol üstlenmişlerdir.

Uzay esaslı konum belirleme tekniği olan GPS 'in ölçme ve jeodezi mesleğinde çığır açtığı bilinen bir gerçektir. Ülkemizde ve dünyada bilim adamları ve mühendisler, GPS'in kullanım alanlarını sistemi tasarlayanların bile hayal edemeyeceği yerlere kadar genişletmişlerdir. Ancak, yine de GPS sonsuz kullanım alanı olan bir sistem değildir; onun da kullanım alanları için sınırlar vardır, örneğin, yeterli sayıda (dört) ya da hiç uydu sinyalinin alınmadığı şehir içleri, ormanlar, köprü altları, tüneller ve bina içleri gibi alanlar. Sinyal iletişiminin güç olduğu veya

olmadığı alanlarda GPS'ten yararlanmak için "uydusallar" geliştirilmiştir. Fakat günümüzde uydusalların jeodezi, ölçme ve navigasyon amaçlı ölçümlerde maliyet açısından kullanımının zor olduğu görülmektedir.

Avrupa Birliği tarafından gerçekleştirilen GALILEO uydu sistemlerinin 2008 yılı içerinde devreye girmesiyle birlikte uydu alıcılarının gördüğü uydu alıcı sayısı artacaktır. Bununla birlikte GPS sistemlerine L5 sinyalinin eklenmesiyle birlikte GPS sistemlerinin kullanımının hızla yaygınlaşacağı ve hatta ileride elektronik takeometrelerin yerine kullanılabileceği düşünülmektedir.

Üretilecek GPS destekli mobil detay alım sistemi veya haritalama sistemi, doğruluk ve hassasiyetten taviz vermeden ve detayla direkt temas etmeden, ayrıca poligon gibi yere tesis edilen ve bir haritalama işleminde % 60-70'lere varan böyle bir sabit nokta tesis maliyetini ortadan kaldırmakla birlikte tamamen sayısal ortamda veri üreten bir sistem olarak hız, modern ölçme tekniklerinin entegre kullanımı (GPS ve Lazer uzaklık ölçer teknikleri), zaman, personel ve işgücü tasarrufu sağlayacak ve böylece konumsal veri üretiminde ekonomikliği gündeme getiren bir sistem olarak ülke ekonomisine katkı sağlamanın yanı sıra özellikle yerleşik alan olmak üzere tüm detay alım ve kadastral amaçlı çalışmalara ciddi bir ivme de kazandıracaktır.

8. KAYNAKLAR

AKÇIN, H., 1998, GPS Ölçülerinden Pratik Yüksekliklerin Elde Edilmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi,İstanbul

ARSLAN, N., 1997, GPS ve Atmosferik Modeller, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

AYDIN, Ö., 1984, Ölçme Bilgisi –1, Ders Kitabı, Kurtiş Matbaası, İstanbul

AZKIN, D., 2002, Parsel Ölçümünde GPS'in Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

BÖHYY, 2005, Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul

CEYLAN, A., 1993, Presizyonlu Nivelman Yerine Trigonometrik Nivelman Yönteminin Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma, Doktora Tezi, Selçuk Ün., Konya

ÇORUMLUOĞLU, Ö., 2000, Yüksek Presizyonlu GPS Teknikleri, Lisansüstü Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, Konya (Basılmamış)

ÇORUMLUOĞLU, Ö., 1998, GPS Aerotriangulation In Observation Space, Ph. D. Thesis, University of Newcastle Upon Tyne, England, 233 pp.

ÇORUMLUOĞLU, Ö., CEYLAN, A., KALAYCI, İ., 2003, GPS Serbest İstasyon Tekniği (GPSSİT) İle Kutupsal Detay Alım Yöntemi, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, sayı 88

ERKAYA, H., 1991, Serbest İstasyon Hesabı, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, sayı 69

ERSOY, N., 1998, GPS Yöntemi ile Halihazır Harita Üretimi, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, sayı 85

GÖKALP, E., 1999, Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Konumlarının Statik GPS İle Test Edilmesi, Harita Dergisi, sayı 122

GÖKALP, E., GÜNGÖR, O., 2001, RTK (Real Time Kinematik) GPS'in İmar Uygulamalarında Kullanılması, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, sayı 87, s: 38-47

İ.B.Ö.T.Ş, 2002, İller Bankası Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığı, Özel Teknik Şartnamesi, 2002

İNAL, C., ERDİ, A., YILDIZ, F., 1996, Topografya (Ölçme Bilgisi), Ders Kitabı, Atlas Kitapevi, Konya

KALAYCI, İ. 2003, "Gps Destekli Detay Alımında Yeni Bir Teknik Gpssit'in Uygulanabilirliğinin Araştırılması", Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

KALAYCI, İ. 2006, "Navigasyon Amaçlı GPS Uygulamaları", Ders notları, Konya

KALAYCI, İ. ÇORUMLUOĞLU, Ö. İNAL C. (2005), "Kent İçi Çalışmalarda Duvar Poligonu Tesisi ve 3 Boyutlu Konumlandırılması" (HKMO-Mühendislik Ölç. STB Komisyonu 2. Müh. Ölç. Sempozyumu 23-25 Kasım 2005, İTÜ-İstanbul), Selçuk Ünv. Müh. Mim. Fak. Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Böl.

KALAYCI, İ CEYLAN, A. ÇORUMLUOĞLU, Ö. "GPS Serbest İstasyon Tekniği (GPSSİT) ile Detay Alım Yöntemleri ve Uygulama Sonuçları" (TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı 24-25-26 Eylül 2003, Konya), Selçuk Ünv. Müh. Mim. Fak. Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Böl.

KALAYCI, İ. ÇORUMLUOĞLU, Ö. "MOTORİZE GPSSİT Yöntemi ile Detay Alımı" (TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 2-6 Nisan, Ankara), Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh.Bölümü, Fotogrametri Ölçme Tekniği Anabilim Dalı.

KAHVECİ, M., YILDIZ, F., 2001, Global Konum Belirleme Sistemi, Nobel Yayıncılık, Ankara

KOÇ, İ., 1995, Ölçme Bilgisinde Bazı Konular ve Sayısal Uygulamalar, Ders Kitabı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

LEICA System 300, Kullanım kılavuzu

LEİCK, A., 1990, GPS Satellite Surveying, Jhon Willey and Sons, New York

LEWANDOWSKI,W., AZOUBIB J.,1998, GPS+GLONASS: Toward Subnanosecond Time Transfer, GPS World, November 1998.

MEKİK, Ç.,2003, Uydusallar (Pseudolitler), Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, sayı 88

RİZOS, C., 1999, Stop and Go Surveying Techniques, Satellite Navigation and Positioning Group (SNAP), University of New South Wales (UNSW)

TOPCON GPT-3007, Kullanım kılavuzu.

www.uvsinfo. com (accessed February 2007). International UAV Community, 2006. *Referenced UAV systems.*

http://www.sprg. massey.ac.nz/ivcnz/Proceedings/IVCNZ_15.pdf . Dalaff, C., Reulke, Kroen, A., Kahl, T., Ruhe, M., Schischmanow, A., Schlotzhauer, G., Tuchscheerer, W., 20 Traffic Object Detection System for Road Traffic Measurement and Management.

YERCİ, M., 1980, Matematiksel İstatistik, Ders Notları, K.D.M.M.A. Yayın evi, Konya.

Ek 1: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği

Madde 25 - Detay noktalarının yersel yöntemlerle ölçülmesi için C1, C2, C3 derece noktalara dayalı poligon dizileri oluşturulur.

a) Poligon dizilerinin seçimi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi, ana, ara ve yardımcı poligon geçkileri olarak plânlanabileceği gibi, poligon ağları biçiminde de plânlanabilir. Toplam ana geçki uzunluğu en çok 1600 m, ara geçki uzunluğu en çok 1000 m ve yardımcı geçki uzunluğu en çok 600 m alınır. Yerleşik olmayan alanlarda zorunlu durumlarda geçki uzunlukları ilgili idarenin görüşü alınarak bu değerlerin en çok 1.5 katı olabilir. En büyük kenar uzunluğu 500 m'yi geçmemelidir. Seçilen noktalar ve plânlanan dizi veya ağlar için bir seçim kanavası düzenlenir.

b) Seçim kanavasının ilgili idarece onayından sonra, poligon noktaları Ek-4'teki gibi tesis edilir ve Ek-6'daki biçimde röperlenir.

Madde 26 - Poligon noktalarının koordinatları C1, C2, C3 derece noktalara dayalı olarak statik, hızlı statik, kinematik veya gerçek zamanlı (real time) kinematik yöntemlerden biriyle belirlenebilir.

a) Statik ve hızlı statik gözlemlerde;

- Uydu sayısı: En az beş adet,
- Uydu yükseklik açısı: En az 10^o,
- Veri toplama aralığı: 10 saniye veya daha az,
- Baz uzunluğu: En fazla 5 km,
- Gözlem Süresi: En az 7 dakika, alınır.

Gözlemler, en az iki referans noktasına dayalı yapılır. Hesaplanan nokta konum doğruluğu yatayda ve düşeyde ±8 cm'yi geçemez.

b) Ölçme sonrası veya ölçme anında olmak üzere poligon noktalarının konumları kinematik yöntemlerle belirlenebilir. Her poligon noktasında, aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde ve farklı zamanlarda en az iki kez GPS gözlemi (iki oturum) yapılır. İki oturumdan elde edilen izdüşüm koordinatları ve elipsoit yükseklikleri arasındaki farklar 7 cm'den fazla olamaz.

- Uydu sayısı: En az beş adet,

- Uydu yükseklik açısı: Minimum 10^o,
- Veri toplama aralığı: 5 saniye veya daha az,
- Referans noktasına uzaklık : En fazla 5 km,
- Gözlem süresi: Her noktada en az 5 epok,
- Oturumlar arası zaman: En az bir saat, alınır.

Madde 27 – Yersel tekniklerle poligon ölçmelerinde aşağıdaki esaslara uyulur.

a) Poligon kenarları, ölçme doğruluğu ± (5 mm + 5 ppm) veya daha iyi olan elektronik uzaklık ölçerlerle karşılıklı iki kez ölçülür. Bu ölçmelerde alet ve işaret yükseklikleri cm inceliğinde ölçülür.

b) Çelik şerit metre ile poligon kenarı ölçmek için ilgili idarenin izni alınır. Çelik şerit metre ile ölçülecek en büyük poligon kenarı uzunluğu 150 m'yi geçemez. Tüm kenarlar Ek-7'de verildiği biçimde GRS80 elipsoidine ve izdüşüm düzlemine indirgenir. İndirgenmiş ölçüler arasındaki fark 3 cm'yi geçmemelidir.

c) Doğrultular DIN 18723'e göre yatay açı ölçme doğruluğu $\pm 10^{cc}$ (3") ve daha iyi olan aletlerle iki yarım seri olarak ölçülür.

d) Poligon noktalarının koordinatları; en küçük kareler yöntemiyle dengelenerek veya klâsik koordinat hesaplama yöntemiyle belirlenebilir.

e) En küçük kareler yöntemiyle dengelemede, doğrultu gözlemleri ve kenar ölçmeleri için uygun ağırlık seçimi yapılır. Uygun bir test yöntemiyle uyuşumsuz ölçüler araştırılır. İstatistik güven düzeyi $1-\alpha=0.95$ alınmalıdır. Nokta konum doğruluğu ± 8 cm'yi geçemez.

f) Bütün geçkilerdeki klâsik koordinat hesaplarında açı kapanma, enine ve boyuna hata sınırları;

$$F_B = 1.5^c \sqrt{n}$$
$$F_{Q[m]} = 0.05 + 0.15\sqrt{S_{[km]}}$$
$$F_{L[m]} = 0.05 + 0.04\sqrt{n-1}$$

ve enine ve boyuna hatalar;

$$f_Q = \frac{1}{S}(f_y[\Delta X] - f_x[\Delta Y])$$

$$f_L = \frac{1}{S}(f_y[\Delta Y] + f_x[\Delta X])$$

$$S = \sqrt{[\Delta Y]^2 + [\Delta X]^2}$$

$$f_y = (Y_c - Y_b) - [\Delta Y]$$
$$f_x = (X_c - X_b) - [\Delta X]$$

olmalıdır.

Açı kapanma hatası kırılma açılarına eşit olarak ve koordinat kapanma hataları kenar uzunlukları ile orantılı olarak dağıtılır.

g) Poligon noktaları arasındaki yükseklik farkları bu Yönetmeliğin 34 ilâ 39'uncu maddelerindeki esaslara göre geometrik nivelman veya karşılıklı trigonometrik nivelmanla belirlenir. Düşey açı ölçmesi DIN 18723'e göre düşey açı ölçme doğruluğu $\pm 10^{cc}$ (3") veya daha iyi olan aletlerle en az bir seri olarak ölçülür. Trigonometrik nivelmanla elde edilen iki yükseklik farkı arasındaki fark 3 cm'yi geçmemelidir.

h) Poligon noktalarının Helmert ortometrik yükseklikleri, trigonometrik yükseklik farkları kullanılarak yüksekliği geometrik nivelmanla belirlenen noktalara dayalı olarak hesaplanır. Toplam geçki uzunluğu 1600 m ve geçki kapanması 5 cm/km'yi geçmemelidir. Ara ve yardımcı poligon yükseklikleri, ana poligon noktalarının yüksekliklerine dayalı olarak hesaplanır.

Poligon ağlarının yükseklikleri, bir bütün olarak uygun dağılmış en az 4 noktaya dayalı olarak dengeleme ile de hesaplanabilir.

ı) Poligon noktalarının elipsoit yükseklikleri, bu Yönetmeliğin 41 veya 42'nci maddesinde belirtilen şekilde hesaplanan jeoit yüksekliği (N) ve Helmert ortometrik yükseklik (H) değerleriyle h = H + N ile hesaplanır.

Madde 44 - Detay ölçmeleri ve numaralandırma aşağıdaki esaslara göre yapılır.

a) Ölçülecek detayların tanımları, kodları, bu detaylara ilişkin kaydedilecek öz nitelikler ve kodları ile detay noktalarının numaralanması Ek-1'deki esaslara göre yapılır.

b) Eş yükseklik eğrisi çizimi için gerekli detay noktaları da ölçülür. Bu detay noktaları uygun dağılımda ve en az 25 nokta/ha yoğunlukta olmalıdır. Arazinin topoğrafik durumunun belirlenebilmesi için gereken desen ve karakteristik noktalar ile yol ve sokakların eğimini belirleyecek kadar nokta da ölçülür.

c) Parsel, bina, mühendislik tesisleri ve benzeri detayların alımında, yerleşik alanlarda 150 m'yi geçen cepheler üzerinde her 150 m için, yerleşik olmayan alanlarda 250 m'yi geçen cepheler üzerinde her 250 m için bir detay noktası ölçülür.

d) Detay noktaları, kendisine en yakın C derece noktalardan veya serbest istasyon noktalarından ölçülür. Zorunlu hâllerde, C derece noktalara bağlı yardımcı alım noktası (kör poligon) kullanılabilir. Bu noktaların tesisi ilgili idarenin onayına bağlıdır. Yardımcı alım noktasından yapılan detay ölçmeleri, her noktadan alınan en az iki detay noktası bir başka C derece noktadan ölçülerek kontrol edilir.

Madde 45 - Detay noktalarının, izdüşüm koordinatları ile belirlenen yatay konum doğruluğu $(\sigma_x^2+\sigma_y^2)^{1/2}$ $\pm$7 cm ve Helmert ortometrik yükseklik doğruluğu (σ_H) $\pm$7 cm olarak elde edilecek biçimde; elektronik takeometri, prizmatik alım ile nivelman, GPS ile detay ölçmeleri veya benzer doğruluğu sağlayan teknikler ve yöntemler kullanılabilir.

Elektronik takeometride gözlem uzaklığı 500 m'yi geçemez. Yerleşik alanlarda, bir binada yükseklik farkı en fazla olan en az iki nokta olacak biçimde nokta yoğunluğu azaltılabilir.

Ölçülen uzunluklar GRS80 elipsoidine ve izdüşüm düzlemine indirgenir.

Madde 46 - GPS ile kinematik konum belirleme teknikleri kullanıldığında, gerçek zamanlı veya sonradan değerlendirmek üzere detay noktaları ölçülebilir. Kinematik GPS yöntemlerinde bu Yönetmeliğin 45'inci maddesinde belirtilen konum doğruluğunu sağlayacak uzaklıkta bulunan sabit GPS istasyonlarından veya bölgeye en yakın C derecede veya poligon noktaları üzerine ölçme süresince kullanılmak üzere kurulmuş GPS referans istasyonlarından yararlanılabilir. Detay alımında, kullanılan gezici alıcı ile konumu belirlenen noktalar, çoklu yansıma etkisi en az noktalar olmalıdır. Bina köşesi, ağaç gövdesi, telefon, elektrik direkleri ve benzeri GPS ile doğrudan detay alımı yapılmamalıdır. Bu yöntemle ölçme yapıldığında aşağıdaki kurallara uyulur.

-Uydu Sayısı: En az beş adet,

-Veri Toplama Aralığı: Beş saniye veya daha az,

-Uydu Yükseklik Açısı: En az 10^{o},

-Referans Noktasına Uzaklık : En fazla beş km,

-Kayıt Süresi: En az üç epok, olmalıdır.

Madde 47 - Parsel, ada, bina, mühendislik tesislerinin asal noktalarının konumları, cephe çekilerek veya cephe çekiminin mümkün olmadığı durumlarda bir başka noktadan yapılacak alımlarla kontrol edilecek biçimde belirlenir. Ölçülerden hesaplanan ile cephelerin ölçüm değeri arasındaki fark d;

$$d = 0.03 + 0.0005\ S$$

formülü ile bulunan miktardan fazla olamaz. Burada; S, metre biriminde cephe uzunluğu ve d, metre birimindedir.

İki bağımsız ölçüden hesaplanan izdüşüm koordinatları arasındaki farklar dx, dy ve Helmert ortometrik yükseklikler arasındaki farklar dH;

$dx, dy, dH \leq 8$ cm olmalıdır.

Madde 48 - Ölçme esnasında, kontrol noktalarını, ölçülecek detayları, detay noktaları arasındaki geometriyi (topolojiyi), teknik ve yöntemin gerektirdiği ölçüleri gösteren, 297x420 (DIN-A3 formunda) boyutlarındaki basılı kâğıtlara yaklaşık ölçekte ve kuzeye yönlendirilmiş bir ölçü krokisi çizilir.

Ölçü krokilerindeki tüm detay ve öznitelik bilgileri, Ek-3'teki kodları ve/veya özel işaretleri ile gösterilir. Ayrıca, ölçü krokileri fihristi ve komşu kroki numaraları da ölçü krokisinde belirtilir (Ek-8). Ölçü krokileri, arazide elektronik ortamlarda da hazırlanabilir.

Madde 49 - Detay noktalarının izdüşüm koordinatları ve Helmert ortometrik yükseklikler cm inceliğinde hesaplanır.

Madde 50 - Alımı yapılmış detay noktalarına dayalı olarak koordinatları ve yüksekliği hesaplanan serbest istasyon noktalarından da alım yapılabilir. Bu durumda, dayanak noktası olarak kullanılacak detay noktalarının, beton bloklarla (ada, parsel köşe noktaları ve benzeri) veya duvara dübel, çivi ve benzeri ile tesis edilmiş ve en az iki kontrol noktasından alımı yapılmış olması gerekir.

Serbest istasyon noktasının koordinatları ve yüksekliği, koordinat ve yükseklik uyuşumu test edilmiş ve uygun dağılımda olan en az dört noktaya, bir tam seri yatay ve düşey açı ölçmesi ve uzunluk ölçmeleri ile hesaplanır. Uyuşum testlerinde koordinat farkları (dx, dy) ±10 cm'yi ve yükseklik farkları (dH) ±10 cm'yi geçmemelidir. Serbest istasyon noktasının nokta konum doğruluğu ($\sigma_p = \pm (\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^{1/2}$) ±7 cm ve ortalama yükseklik doğruluğu $\sigma_H = \pm 7$ cm'den büyük olmamalıdır.

Serbest istasyon noktasının bağlantı noktalarına uzaklığı 500 m'yi geçemez. Serbest istasyon noktaları poligon noktaları gibi numaralandırılır. Bu noktaların tesisi ilgili idarenin onayına bağlıdır.

Ek 2 : 2002 yılına ait İller Bankası Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığı, Özel Teknik Şartnamesi

Madde 61 : Detay noktalarının, izdüşüm koordinatları ile belirlenen yatay konum doğruluğu $\left(\sigma_x^2 + \sigma_y^2\right)^{1/2} : \pm 7\,\text{cm}$ ve Helmert ortometrik yükseklik doğruluğu $(\sigma_H) : \pm 7\,\text{cm}$ olarak elde edilecek biçimde; elektronik takeometri, prizmatik alım ile nivelman, **GPS ile detay ölçmeleri veya benzer doğruluğu sağlayan teknikler ve yöntemler** kullanılabilir. Elektronik takeometride gözlem uzaklığı 500 metreyi geçemez. Yerleşik alanlarda, bir binada en az iki yükseklik noktası olacak şekilde yükseklik nokta yoğunluğu azaltılabilir.

Madde 62 : GPS ile kinematik konum belirleme teknikleri kullanıldığında, gerçek zamanlı veya sonradan değerlendirmek üzere detay noktaları ölçülebilir. Kinematik GPS yöntemlerinde Madde 61'de belirtilen konum doğruluğunu sağlayacak uzaklıkta bulunan sabit GPS istasyonlarından veya bölgeye en yakın C derecede veya poligon noktaları üzerine ölçme süresince kullanılmak üzere kurulmuş GPS referans istasyonlarından yararlanılabilir. Detay alımında kullanılan gezici alıcı ile konumu belirlenen noktalar, çoklu yansıma etkisi en az noktalar olmalıdır. **Bina köşesi, ağaç gövdesi, telefon, elektrik direkleri vb. GPS ile doğrudan alımı yapılmamalıdır.** Bu yöntemle ölçme yapıldığında aşağıdaki kurallara uyulur;

Uydu sayısı en az 5, veri toplama aralığı 5 saniye veya daha az, uydu yükseklik açısı en az 10^o , referans noktasına uzaklık en fazla 5 km ve kayıt süresi en az 3 epok olmalıdır (İ.B.Ö.T.Ş).