

75105

GPS VE GPS'İN DETAY ALIMLARINDA KULLANILMASI

75105

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Servet YAPRAK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Ocak 1998

Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Şubat 1998

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ersoy ARSLAN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. İsmail.Hakkı GÜNEŞ

: Yrd. Doç. Dr. Denizhan YALIN

İ.T.Ü. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ŞUBAT 1998

ÖNSÖZ

İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Jeodezi ve Fotogrametri Programında gerçekleştirilerek "Yüksek Lisans Tezi" olarak sunulan bu çalışmada Uydu Konum Belirleme Sisteminin teorik kısmı anlatılmış, ayrıca İ.T.Ü. Maslak Kampüsü içerisinde yapılan alan çalışmasında GPS Stop and Go ve Klasik Takeometrik yöntemlerle ölçülen detay noktalarının konum doğrulukları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo ve grafikler halinde sunulmuştur.

Buna ilave olarak her iki yöntemle yapılan ölçülerden bölgenin 1/1000 ölçekli haritaları üretilerek detay alımlarında iki yöntemin kullanılabilirliği karşılaştırılmıştır.

Bu tezin hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Ersoy ARSLAN'a ve yazım ve düzeltmelerinden dolayı Yüksek Mühendis Tekin Susam' a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca verdikleri bilgi ve destekleri için bölümdeki tüm Öğretim Elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

OCAK 1998

Servet YAPRAK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
KISALTMALAR	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
TABLO LİSTESİ	IX
ÖZET	X
SUMMARY	XI
BÖLÜM 1 : GİRİŞ	1
1.1. Giriş	1
BÖLÜM 2 : GLOBAL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ	2
2.1 Giriş	2
2.2 Uzay Bölümü	4
2.3. Kontrol Bölümü	4
2.3.1 İzleme istasyonları	5
2.3.2. Ana kontrol istasyonu	5
2.3.3 Yer antenleri	6
2.4 Kullanıcı Bölümü	6
2.4.1 GPS alıcıları	6
2.5. Referans Sistemleri	9
2.5.1. Referans koordinat sistemleri	9
2.5.2. Zaman sistemleri	11
2.6. Efemerisler	12
BÖLÜM 3. ÖLÇME ESASLARI VE SİNYAL YAPISI	15
3.1. Giriş	15
3.2. L1 Sinyalinin Kodlanması	16
3.2.1. Sinüs dalgasının modüle edilmesi	16
3.2.2. Cosinüs dalgasının modüle edilmesi	16
3.3. L2 Sinyalinin Kodlanması	17
3.4. Data Kodu	17

BÖLÜM 4	ÖLÇMELERİ VE MATEMATİKSEL MODELLER	20
4.1.	Giriş	20
4.2.	Ölçüler	20
4.3.	Kod ve Taşıyıcı Fazlar	23
4.4.	Matematiksel Temeller	26
4.4.1.	Tek fark yöntemi	27
4.4.2.	Çift fark yöntemi	28
4.4.3.	Üçlü fark yöntemi	29
4.4.4.	Parametre belirleme	31
4.5.	Ambigüitilerin Çözümü	32
4.5.1.	Geometrik metod	33
4.5.2.	Kod ve taşıyıcı faz kombinasyonu	33
4.5.3.	Ambigüiti arama metodu	34
4.5.4.	Kombine metodlar	34
4.6.	Hata Kaynakları	35
4.6.1.	Faz sıçramaları	35
4.6.2.	Uydu kümeleri geometrisi	37
4.6.3.	Atmosferik etkiler	38
4.6.3.1.	İyonosfer refraksiyonu	38
4.6.3.2.	Troposfer refraksiyonu	41
4.6.3.4.	Sinyal yansımaları (multipath)	42
4.6.3.5.	Anten faz merkezi kayıklığı	43
4.6.3.6.	Taşıyıcı dalga faz başlangıç belirsizliği	43
BÖLÜM 5	ÖLÇÜLERİN PLANLANMASI VE ANALİZ	44
5.1.	Giriş	44
5.2.	Gözlem Öncesi Planlama	44
5.2.1.	Kontrol noktalarının seçimi	44
5.2.2.	Gözlem penceresi	44
5.2.3.	Oturumlar	45
5.3.	Arazi İstikşafı Ve Tesisler	45
5.4.	GPS gözlemlerin planlanması	47
5.5.	Ölçme İşlemleri	47
5.5.1.	Radyal ağ	47
5.5.2.	Kapalı geometrik ağ	48
5.6.	Ölçme Yöntemleri	49
5.6.1.	Statik ölçmeler	49
5.6.2.	Hızlı statik ölçü	50
5.6.3.	Tekrarlı GPS yöntemleri	51
5.6.4.	Kinematik GPS yöntemleri	52
5.6.4.1.	Hassas kinematik	53
5.6.4.2.	Dur ve git yöntemi	54
5.6.4.3.	Sıçramalı kinematik	55
5.6.5.	Difransiyel GPS yöntemi	56
BÖLÜM 6:	VERİ DEĞERLENDİRMESİ	57
6.1.	Giriş	57
6.2.	Veri Değerlendirme	57
6.3.	Hatalı Ölçülerin Çıkarılması	59

BÖLÜM 7:	GPS SONUÇLARININ TRANSFORMASYONU	60
7.1.	Giriş	60
7.2.	Koordinat Transformasyonu	60
7.2.1.	İki boyutlu helmert benzerlik dönüşümü	60
7.2.2.	Sağa ve yukarı değerlerin hesaplanması	61
7.2.3.	Temel eşitlikler	62
7.2.4.	Verilen koordinatlar için uyuşum testi	64
7.2.5.	Yükseklik transformasyonu	65
7.3.	Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü	67
BÖLÜM 8:	GPS UYGULAMA ALANLARI	70
8.1.	Birinci Derece Ulusal GPS Yüzey Ağının Oluşturulması	70
8.2.	Mühendislik Ölçmeleri	71
8.3.	Kadastro Ölçmeleri	71
8.4.	Fotogrametri Ve Uzaktan Algılama	72
8.5.	Deformasyon Ölçmeleri	73
8.6.	Coğrafi Bilgi Sistemi	73
8.7.	Deniz Ölçmeleri	74
8.8.	Genel Navigasyon Ölçmeleri	75
BÖLÜM 9:	UYGULAMA	76
9.1.	Giriş	76
9.2.	Arazi Çalışması	76
9.2.1.	Sabit ve detay alım noktalarının seçimi	76
9.2.2.	Ölçme işlemleri	76
9.2.2.1.	GPS ölçüleri	76
9.2.2.2.	Klasik ölçüler	79
9.3.	Ölçülerin Değerlendirmesi	82
9.3.1.	Statik ölçülerin değerlendirilmesi	82
9.3.2.	Stop and Go ölçülerinin değerlendirilmesi	90
9.3.3.	Klasik ölçü sonuçlarının değerlendirilmesi	97
9.4.	Çizim İşlemi	97
9.5.	Detay Noktalarının Karşılaştırması	97
9.6.	Zaman Karşılaştırması	100
SONUÇ VE ÖNERİLER		101
KAYNAKLAR		102
ÖZGEÇMİŞ		106

KISALTMALAR

AS	: Anti-Spoofing
AVL	: Automatic Vehicle Location
C/A	: Coarse/Acquisition
CAD	: Copmputer Aided Design,
CEP	: Celestial Ephemeris Pole
CIO	: Conventional International Origin
CIS	: Conventional Inertial System
CTS	: Conventional Terrestrial System
DMA	: U.S. Defence Mapping Agency
DoD	: U.S. Department of Defence
ECEF	: Earth Centered - Earth Fixed
ERP	: Earth Rotation Parameters
FAA	: U.S. Federal Aviation Administration
FGCC	: U.S. Federal Geodetic Control Committee
GCS	: Ground Control Station
GDOP	: Geometric Dilution of Precision
GIS	: Geographic Information System
GLONAS	: Geodetic Navigation Satellite System
GPS	: Global Positioning System
GRS	: Geodetic Reference System
HIRAN	: High Range Navigation
IAG	: International Association of Geodesy
IERS	: International Earth Rotation Service
IGS	: International GPS Geodynamics Service
INMARSAT	: International Maritime Satellites
INS	: Inertial Navigation System
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame
ITRS	: International Terrestrial Reference System
IUGG	: International Union For Geodesy and Geographics
LLR	: Laser Lunar Ranging

MSC	: Master Control Station
MTS	: Monitor Tracking Station
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NAVSTAR	: Navigation System with Time and Ranging
NL	: Narrow Line
NNSS	: Navy Navigational Satellite System
OCS	: Operational Control System
OTF	: On-The-Fly
P	: Precision
PPS	: Precise Positioning Service
PRN	: Pseudo Random Noise
RAIM	: Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RINEX	: Receiver Independent Exchange (Format)
SA	: Selective Availability
SLR	: Satellite Laser Ranging
SPS	: Standard Positioning Service
TRANSIT	: Time Ranging and Sequential
UT	: Universal Time
UTC	: Universal Time Coordinated
VLBI	: Very Long Base Line Interferometry
WL	: Wide Line
WGS	: World Geodetic System

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. GPS uyduları	2
Şekil 2.2. Anten tipleri	7
Şekil 2.3. Yörünge hatasının etkisi	13
Şekil 4.1. Kod ve taşıyıcı fazların sinyal farkları	23
Şekil 4.2. Kod faz ölçmeleri	24
Şekil 4.3. Uydu ve alıcı arasındaki farklar	26
Şekil 4.4. Tek fark yöntemi	27
Şekil 4.5. Çift fark yöntemi	28
Şekil 4.6. Uydu geometrisi ve PDOP	38
Şekil 4.7. İyonosferik kırılma	40
Şekil 4.8. Troposfer katmanları	41
Şekil 4.9. Troposferik kırılma	42
Şekil 4.10. Multipath	42
Şekil 5.1. Radyal ölçü	48
Şekil 5.2. Kapalı geometrik ağ	49
Şekil 5.3. Statik ölçü	49
Şekil 5.4. Hızlı statik ölçü	50
Şekil 5.5. Dur ve git	55
Şekil 4.6. Sıçramalı kinematik	56
Şekil 7.1. Yükseklik tanımları	65
Şekil 9.1. Görünebilir uydu sayısı	78
Şekil 9.2. Sky plot	78
Şekil 9.3. Ana ağ noktaları ve hata elipsleri	90
Şekil 9.4. Konum fark grafiği	98
Şekil 9.5. Yükseklik fark grafiği	99

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1. GPS ve transit karakteristikleri	3
Tablo 2.2. 1 cm'lik baz hatasının yörünge hatası ile ilişkisi	13
Tablo 2.3. Yörünge hatası ve bağıl hassasiyet arasındaki ilişki	13
Tablo 4.1. Kod ve taşıyıcı faz ölçüleri arasındaki farklar	23
Tablo 4.2. Taşıyıcı fazın lineer kombinasyonları	30
Tablo 4.3. Kod fazı lineer kombinasyonları	31
Tablo 4.4. Etkili dalga boyu faktörleri	34
Tablo 4.5. Faz sıçramalarının tek, çift ve üçlü farklar üzerindeki etkisi	36
Tablo 5.1. GPS ölçülerinin planlanması	46
Tablo 5.2. 15-20 km.baz uzunluğu için bir örnek	51
Tablo 9.1. Kenar ölçüleri	79
Tablo 9.2. Poligon açıları	80
Tablo 9.3. Sabit noktaların koordinatları	80
Tablo 9.5. Statik ölçüler baz çözümler tablosu	82
Tablo 9.6. Dengelenmiş jeodezik koordinatlar ve çözüm tablosu	86
Tablo 9.7. Stop and Go ölçüleri baz çözümleri tablosu	90
Tablo 9.8. Helmert benzerlik dönüşümü	94
Tablo 9.9. Jeoid yüksekliği hesabı	97
Tablo 9.10. Maksimum minimum fark tablosu	100

ÖZET

GPS VE GPS' İN DETAY ALIMLARINDA KULLANILMASI

Bu tezde GPS'in teorisi anlatılmakta ve detay ölçmelerinde GPS Dur ve Git yöntemi ile takeometrik alım yöntemi karşılaştırılmaktadır.

Bu amaçla uygulama arazisi olarak İTÜ Maslak Kampüsü seçilmiştir. Uygulama arazisinde transformasyon işleminde kullanılmak üzere ülke koordinat sisteminde koordinatları bilinen 5 adet poligon noktası (003, 010, 039, 101, 102) ayrıca WGS sisteminde koordinatları bilinen itay noktaları ana ağ olarak alınmıştır. Bu noktalarda statik GPS ölçmeleri yapılmıştır. Arazinin takeometrik olarak ölçülmesi için de 101 ve 003 nolu poligon noktalarına dayanan 7 noktalı poligon ağı tesis edilmiştir.

Yöntemlerin karşılaştırılmasında esas alınmak üzere özellikle kaldırım kenarlarında yaklaşık 450 nokta yağlı boya ile işaretlenmiş ve bu noktalar her iki yöntemle ölçülmüştür. Buna ilave olarak Prof. Mustafa İnan Kütüphanesi ile Prof. Bedri KARAFKİOĞLU caddesi arasındaki alan her iki yöntemle topoğrafik yapıyı yansıtabak şekilde ölçülmüştür. Sonuç olarak takeometrik alım yöntemi ile 579 adet, Dur ve Git yöntemi ile ise 513 nokta ölçülmüş ve ülke koordinat sisteminde koordinatları hesaplanmıştır.

Eşlenik olarak alınan noktalardan 437 tanesinin koordinat farkları hesaplanmış ve sonuçlar diskette verilmiştir. Ayrıca her iki yöntemle ölçülen arazinin 1/1000 ölçekli haritaları çizilmiş ve diskette verilmiştir.

İki yöntem karşılaştırıldığında 437 noktada minimum, maksimum ve ortalama koordinat farkları aşağıda gösterildiği gibi bulunmuştur.

Nokta No		Nokta No		Nokta No	
357	dY_{min} 0.002	307	dX_{min} 0.001	154	dH_{min} 0.004
279	dY_{max} 0.021	221	dX_{max} 0.032	238	dH_{max} 0.049
	dY_{ort} 0.009		dX_{ort} 0.009		dH_{ort} 0.018

Zaman açısından, GPS ölçülerinde %47'lik bir zaman tasarrufu söz konusudur. Bununla birlikte bina alımlarında ve yoğun ağaçların bulunduğu bölgelerde Dur ve Git yöntemi ile ölçü yapmanın olanaksız olduğu görülmüştür.

SUMMARY

GPS AND IT'S USE IN DETAIL MEASUREMENT

Since the dawn of civilization, men have looked to the heavens with awe searching for portentous signs. Some of these persons became experts and developed rules to govern life. These men were the first surveyors. The chain of technical developments from this early astronomical surveyors to the present satellite geodesists reflects men's desire to be able to master time and space to use science to further his society.

The surveyor's role in society has remained unchanged from the early days; this role is to determine land boundaries, provide maps, and control the construction of public works.

The immediate predecessor of today's modern positioning system is the Navy Satellite System (NNSS), also called transit system. The transit system was developed by US Military Service to determine the positions of vessels and aircraft. Civilian use of this system was authorized and today TRANSIT satellites are being used by to determine the coordinates of selected datum points.

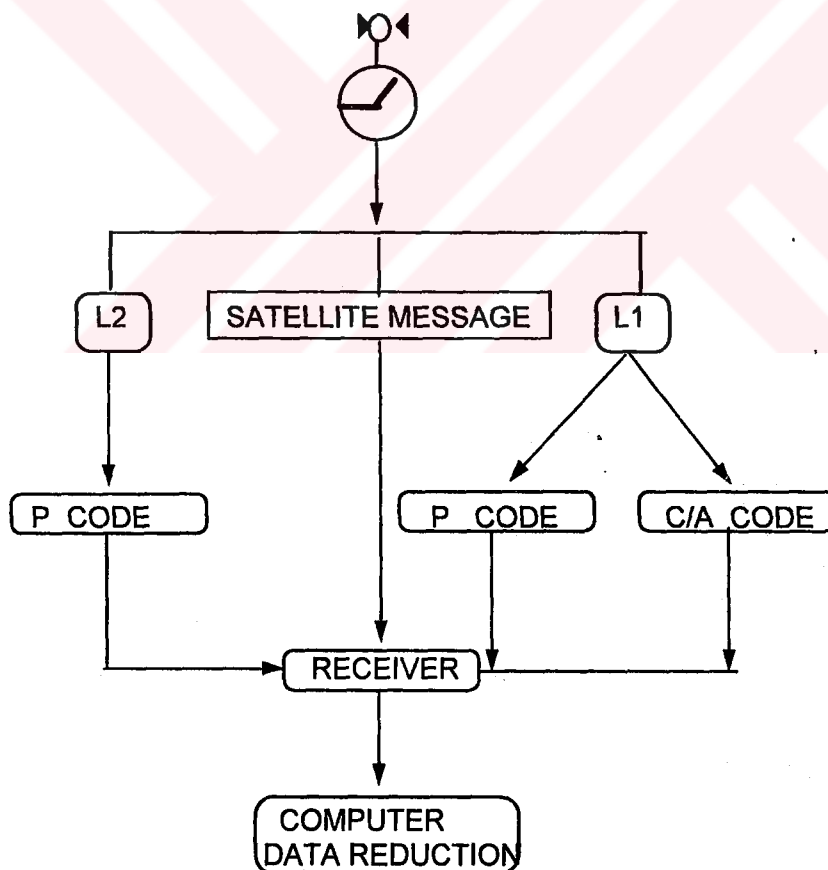
Global Positioning System was used to replace the TRANSIT system. The main problem with TRANSIT system was large time gaps in coverage. The second problem is the long navigation accuracy.

In contrast, GPS gives exact answers to these questions "What time, What question, What velocity is it?" quickly, accurately and inexpensively anywhere on the globe at any time.

The NAVSTAR GPS (Navigation System with Time and Ranging Global Positioning System) is a satellite-based radio navigation system providing precise three dimensional position, navigation and time information to suitably equipped users. The system will be continuously available on a world-wide bases and is independent of meteorological conditions. GPS has been under development in the USA since 1973. It has been used for the solution of geodetic problems since 1983. The system consist of 24 satellite pleased in orbits of about 20.200 km. altitude above

the earth surface. The final arrangement of satellite is planned in such a way that at least four satellites are simultaneously visible above the horizon anywhere on the earth 24 hours a day.

GPS has three segments. These segments are space, control and user. Space segment comprises satellites. Each GPS satellite transmits two radio signals : Link One (L1) and Link Two (L2). The L1 signal is broadcast at a frequency of 1575.42 MHz., and the L2 at 1227.60 MHz. The L1 carrier has wave length of 19 cm.; the L2 carrier about 24 cm. The number of complete carrier wave lengths from the satellite to receiver is called the integer. The main operational tasks of control segment are: tracing of satellites for orbit and clock determination, prediction modeling, time synchronization of satellites and upload of data message to the satellites. There are two kinds of users these are military user and civilian user. Both user perform every kind of surveying modes. Civilian users use the system to produce all kinds of maps.



GPS uses the one way technical ranging and the receiver clock is not synchronized with the satellite clock. This synchronization error is the reason for the term "pseudorange ". The pseudorange is either derived from measuring the travel time

of signal and multiplying it by its velocity or by measuring the phase of signal. The pseudorange equations comprise four unknowns : The desired points three coordinates and the clock error. Four satellites are necessary to solve four unknowns. The solution becomes more complicated when using measured phase. This observable is ambiguous by an integer number of signal wave lengths so that the model four phase pseudoranges is augmented by an initial bias called integer ambiguity. The code pseudoranges and phase pseudoranges are affected by both, systematic errors or biases and random noise. Systematic effects can be modelled and give rise to additional terms in the observation equations and eliminated by appropriate combinations of the observable. Differencing between receivers eliminates satellite specific biases. Double differenced pseudoranges are, to high degree, free of systematic errors originating from satellites and receivers. Ionospheric refraction can be virtually eliminated by an adequate combinations of the dual frequency data.

Phase differencing means subtracting one equation from another. There are three kinds of phase differencing: Between receiver, between satellite and between epoch. The most popular one is between receiver differencing.

The geometry of visible satellites is an important factor in achieving high quality results. The geometry changes with time due to the relative motion of satellites. A measure of the geometry is the Dilution of Precision (DOP) factor.

The DOP factor is based on the volume of a geometric figure where the apex is the ground observing station and the sides are the vectors from this station to each satellite.

If the ground station is observing three satellites, the geometric figure is a tetrahedron; with four satellites the figure is an inverted pyramid. The larger the volume of this figure, the better the satellite geometry.

The DOP is the reciprocal value of the volume of the figure; the larger the volume, the lower the value of DOP.

There are four different DOP designations :

- 1- Position Dilution of Precision (PDOP)
- 2- Horizontal dilution of Precision (HDOP)

3- Vertical Dilution of Precision (VDOP)

4- Time Dilution of Precision (TDOP)

Various technical have been developed in recent years that exploit the capability of GPS to provide precise coordinates after a very short observation time or even while the receiver is moving along a trajectory.

Static method : Static surveying is the traditional method for measuring GPS baselines. With this method, two or more receivers will occupy survey stations for 30-60 minutes. Static survey remains the most accurate method of working with GPS.

Short Static Method : Short static is a calculation method which allows a reduction in the station occupation time. The method can be used with single or dual frequency data. Provided that the receiver data contains accurate carrier phase and pseudorange data. The method is very similar to static except that the occupation time can be 5-30 minutes. The time depends on the satellite geometry, number of satellites. And other factors such as multipath.

Kinematic Method : The kinematic survey method relies on the receiver constantly recording data from at least four satellites during the entire survey including when moving between stations. The results can be shown as continuous were the surveyor is interested in a continuous stream of coordinates or as Stop and Go, were the surveyor is only interested in a coordinate for each stop point, that is whenever he was stationary. The method has the same accuracy as conventional tacheometry with a point occupation time of a few seconds. Preplanning is necessary to overcome site obstruction, avoid possible loss of lock, and observe as many points as possible during the day.

In this thesis, the theory of GPS was explained and then in great detail, the efficiency of *classical takeometric method* and *the GPS Stop and Go method* were compared.

For this reason, the Maslak campus of ITU was chosen as an application site. For using the transformation process, well-known four polygon point in the national coordinate system and well-known itay point in WGS84 system as a main network were selected. The static GPS measurements wer made at the so-called points. For

measuring the site as a takeometric, the polygon network with seven points were established. At the comparing the methods, as a reference, the 450 points on the pavement sides especially were labelled by means of paint and then these points were measured by using the both methods. In addition to these, the area between the Prof. B. Karafakioğlu street and the Prof Mustafa İnan library were measured freely so as to reflect the topographic structure. Finally, the 579 points acquired from *the takeometric method* and the 513 points acquired from *the Stop and Go method* were measured and then their coordinates were calculated at the national coordinate system.

The coordinate differences of 437 points, simultaneously used both methods, were calculated and the results obtained were listed in the form of tables.

The maximum, minimum and mean coordinate differences stemmed from comparing the both methods each other obtained as follows:

Point Nr.		Point Nr.		Point Nr.	
357	dY _{min} 0.002	307	dX _{min} 0.001	154	dH _{min} 0.004
279	dY _{max} 0.021	221	dX _{max} 0.032	238	dH _{max} 0.049
	dY _{ort} 0.009		dX _{ort} 0.009		dH _{ort} 0.018

In GPS measuring process, the time saving was attained as 47 %. However, as seen at the maps, it was seen that the use of *Stop and Go method* in the areas consisting of so many trees and in the having buildings was impossible

BÖLÜM 1: GİRİŞ

1.1 Giriş

Teknolojik gelişmelere paralel olarak doğal gök cisimleri yerine yapay uyduların kullanılması fikrinden hareket edilerek ilk yapay uydu SPUTNIK'nin 1957 yılında uzaya fırlatması ile uzay teknolojisinde yeni bir devir başlamış ve bu uyduyu değişik amaçlı diğer uydular izlemiştir. Şimdiye kadar amaçları, meteoroloji ve haberleşmeden, uzaktan algılamaya, jeodezik konum belirlenmesine kadar uzanan binlerce yapay uydu uzaya yerleştirilmiştir. Yapay uydulardan en etkin yararlanılan disiplinlerin başında jeodezi ve haritacılık gelmektedir.

İlk olarak ABD Deniz kuvvetleri tarafından uygulamaya konan TRANSIT (Doppler) sisteminde yapay uyduların gönderdiği radyo sinyallerinin analizi ile uydu yörüngelerinin tanımlanabileceği ve uydunun zamana göre bilinen koordinatları yardımı ile de noktaların konumlarının belirlenebileceği görülmüştür. İlk transit uydusu 1961 yılında fırlatılmış ve sistem 1967 yılından 1994 yılına kadar askeri ve sivil amaçlar için kullanılmıştır. Bu sistem ile dm'ler doğruluğunda duyarlık elde edilmiş ve jeodezik ağlar oluşturulmaya çalışılmıştır (REMONDI, 1984).

Ancak ölçülerin uzun zaman alması, uydu sayısının az olması, ekonomik olmaması ve kısa bazlarda (100 km'nin altında) yeterli duyarlılığın elde edilememesi gibi dezavantajlarından dolayı, TRANSIT uydu sistemi yerini, ABD Savunma Bakanlığı tarafından geliştirilen, hareketli cisimlerin zamana bağlı olarak konumlarının, izledikleri yolun doğrultusunun ve yönünün belirlenmesi diye tanımlanan navigasyon ve bu ihtiyaca yönelik olarak tasarlanan NAVSTAR GPS (NAVigation Satellite Using Time and Ranging Global Positioning System) veya kısaca GPS sistemine bırakmıştır (SEEBER, 1993).

GPS sistemi ile Dünyanın her hangi bir yerinde herhangi bir zamanda, kullanılan uydu efemerisi ve ölçü süresine bağlı olarak duyarlı bir şekilde konum belirlenebilmektedir.

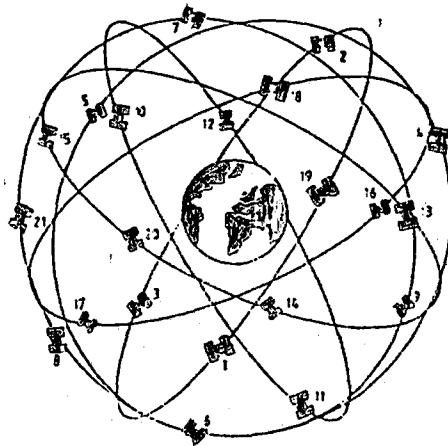
Bu sistemle, baz uzunluğuna ve uydu sayısına bağlı olarak birkaç saniyelik ölçüden 1-2 saatlik ölçüye varan bir süre içerisinde rölatif yöntemlerle kontrol noktalarını ($2 \cdot 10^{-6}$ - 10^{-8}) mertebelerinde koordinatlandırmak mümkündür. Klasik ölçme tekniklerine göre çok daha duyarlı sonuçlar veren GPS sistemi bugün ve gelecekte jeodezik alanların oluşturulmasında, ekonomik bakımdan avantajları tartışılmaz bir sistem olacaktır.

BÖLÜM 2: GLOBAL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ

2.1 Giriş

NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time and Ranging Global Positioning System) uygun donanıma sahip kullanıcılara presizyonlu üç boyutlu konum, nvigasyon ve zaman bilgisi sağlayan, uydulara dayanan bir navigasyon sistemidir. Sistem dünyanın her yerinde sürekli olarak mevcut olacaktır ve meteorolojik şartlardan bağımsızdır (SEBER, 1993).

GPS 08.12.1993 tarihinde kuruluş aşamasını tamamlamış 24 uydusu ve tam kapasitesiyle hizmete girmiştir. Uyduların yaklaşık olarak daire şeklindeki yörüngelerinin yerden yükseklikleri 20200 km ve ağırlıkları 845 kg. dır. (ÖZTÜRK, 1996). GPS uyduları yörüngedeki bir tam dönüşlerini yaklaşık onbir saat elli dakikada tamamlamaktadırlar. Uyduların kullanım süreleri 5 yıldır işlevini yitiren uydular yerine yenileri sisteme katılmaktadır. Uydular ekvator düzleminde, 60 derece aralıklarla ve bu düzlemle 55 derecelik açılar yapan 6 yörüngeye yerleştirilmiştir. Her yörüngede 4 GPS uydusu hareket etmektedir. Böylelikle yeryüzünün her noktasında her an en az 4 GPS uydusunun ufuk düzleminin üzerinde olması sağlanmış ve yeryüzü noktalarında her türlü hava koşullarında, gece ve gündüz her zaman konum belirleme olanağı elde edilmiştir.



Şekil 2.1 GPS Uyduları (SEEBER, 1993)

GPS esas olarak bir navigasyon sistemidir. Temel navigasyon prensibi, kullanıcı ve dört uydu arasında pseudorangler (uzaklıklar) olarak isimlendirilen ölçmelere dayanır.

Uygun bir koordinat sisteminde bilinen uydu koordinatlarından yararlanılarak kullanıcı anteninin koordinatları belirlenebilir. Geometrik olarak üç uzunluk ölçüsü yeterli olmakla birlikte GPS'in tek yönlü bir uzunluk ölçme tekniği kullanması ve alıcı saatinin uydu saati ile senkronize olmaması yüzünden dördüncü bir ölçü gereklidir. Pseude-range (uzaklık) teriminin kullanılış sebebi bu senkronizasyon hatasıdır.

Bugünün modern kohum belirleme tekniğinin öncüsü Deniz Navigasyon Uydu sistemi olan NNSS tir. (Navy Navigational Satellite System, NNSS) ve bu, TRANSIT (Time Ranging and Sequential, TRANSIT) sistem olarak bilinir. TRANSIT sistemi yedi uyduyu kapsamaktadır. Sistem ABD tarafından uçakların ve gemilerin kordinatlarını hesaplamak amacıyla geliştirilmiştir. Sistem daha sonra sivil kullanıma açılmış olup dünya çapında kullanılmaktadır (ŞAHİN, 1995).

NNSS TRANSIT sisteminden farklı olan GPS global bazda gerçek zamanda sürekli navigasyon dataları sağlayacaktır. 20 yılı aşkın süredir devam eden teknolojik gelişmeler GPS'le TRANSIT sistem'den daha yüksek hasasiyete ulaşıldığını göstermektedir. Aşağıda NNSS TRANSIT ile GPS sistemlerinin bazı karakteristik özellikleri karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.1: GPS ve TRANSIT Karektiristikleri (SEEBER, 1993)

Özellikler	GPS	NNSS(TRANSIT)
Yörünge Yüksekliği	20.200 km.	1.000 km.
Peryod	12 Saat	105 dakika
Frekans	1.575 Mhz	150 Mhz
	1.228 Mhz	400 MHz
Navigasyon verileri	X,Y,Z,t	ϕ, λ
Hasasiyet	15 m. (P-Kod/no SA)	30-10 m.
Uydu Kuruluşu	25	4-6
Uydu Saatleri	Rubidyum, Sezyum	Quartz

Bugün GPS sayesinde hem statik hem de kinematik ölçü teknklerini kullanarak cm mertebesinde duyarlılık elde etmek rutin olarak mümkün olmaktadır.

GPS üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar

1 - Uzay Bölümü

2 - Kontrol Bölümü

3 - Kullanıcı Bölümü

2.2. Uzay Bölümü

08.12.1993 tarihi itibarı ile toplam 24 adet aktif GPS uydusu bu bölümü oluşturmaktadır. Bu uydular, yeryüzünden yaklaşık 20.200 km. yükseklikte, ekvatorla 55° lik açı yapan 6 ayrı yörünge düzlemine yerleştirilmiştir. Her bir uydunun periyodu yaklaşık 11 saat 57 dakika ve 57,7 saniyedir. Yeni uyduların iki özelliği, uydular arasındaki uzaklıkları ölçmeleri ve efemeris bilgilerini hesaplayabilmeleridir. Blok II'lerde enerji, herbiri 7,2 m² 'lik iki güneş enerji kollektörü ile sağlanır. Herbiri 845 kg.olup 2 cesium ve 2 rubidyum frekans standardı taşırlar. İncelikleri 1.10⁻¹² ile 1.10⁻¹³ dür (VAN-MERLE, 1990).

Her uydu Ana Kontrol Merkezi'nce hesaplanan ve yer antenleri aracılığı ile gönderilen kendi yörüngesine ait bilgileri alır. Düzeltilmiş zaman bilgileri ile birlikte 2 temel frekans üzerinden yayımlar. Bunlar L1 = 1575, 42 MHz (d = 0,190m) ve L2 = 1227, 60 MHz (d = 0,244 m)'dir. Uydudaki atomik saat takımınca oluşturulan L1 sinyali hem P-Kodu ve hem de C/A Kod ile, L2 sinyali ise yalnızca P-Kod ile modüle edilmektedir. Her iki sinyal de sürekli olarak navigasyon verileri ile modüle edilmektedir.

Uyduların birçok sistem tanımlayıcısı vardır: uydunun fırlatılma sıra numarası, uydu konum numarası, uydu PRN kodu, NASA katalog numarası ve uluslararası ismi. Herhangi bir karışıklığı önlemek için, sadece uydu navigasyon mesajından alınan PRN kodu kullanılır (WELLS, 1985).

2.3 Kontrol Bölümü

Kontrol Bölümü (OCS Operational Control System) uyduların ve sistemin tümüyle çalışmasını sağlamak ve izlemek için kurulan, yerkürenin değişik bölgelerine yayılmış 5 istasyondan oluşur. Amerika Askeri Harita Kurumu (DMA, Defense Mapping Agency) tarafından geliştirilen sistem, 1985 yılında çalışmaya başlamıştır.

Kontrol bölümünün görevi :

- Uydu sistemini sürekli izlemek ve kontrol etmek,
- GPS sisteminin zamanını belirlemek,
- Uydu efemerislerini ve uydu saatlerinin davranışlarını belirlemek,
- Herbir uydu için navigasyon mesajlarını periyodik olarak yenilemektir.

Aşağıda bu amaca yönelik istasyonların isimleri bulunmaktadır.

- 1 - Falcon Air Force Station, Kolorado (USA)
 - Ana Kontrol İstasyonu
 - Monitor İstasyonu
- 2 - Kwajalein
 - Monitor İstasyonu
 - Yer Anteni
- 3 - Diego Garcia (Hint Okyanusu)
 - Monitor İstasyonu
 - Yer Anteni
- 4 - Ascension (Kuzey Atlantik)
 - Monitor İstasyonu
 - Yer Anteni
- 5 - Hawai
 - Monitor İstasyonu

2.3.1 İzleme istasyonları

İzleme istasyonları sürekli olarak bütün görülebilir uydulardan sinyaller alırlar. Her istasyon 1.5 saniye aralıklarla yaptıkları pseudorange ölçülerini troposferik ve iyonosferik düzeltmeler getirip istatistik yöntemlerle ölçüyü bozucu etkenlerden arındırır. Bu işlemler sonucu elde edilen pseudorange değerleri Colorado'daki ana Kontrol İstasyonu'na gönderilir. Her izleme istasyonunda, zamanın belirlenmesinde çok hassas sonuç veren sezyum frekans normali (cesium) ile donatılmış bir çift frekanslı alıcının yanı sıra meteorolojik dataların toplandığı bir sensör bulunur.

2.3.2. Ana kontrol istasyonu

(MCS. Master Control Station) İzleme istasyonlarından gelen verileri toplar. Uyduların yörüngelerini ve uydulardaki saatlerin düzeltmelerini hesaplayarak bunları yer antenleri vasıtası ile uydulara yükler.

2.3.3. Yer antenleri

(GA- Ground Antennas): GPS uydularından gelen bilgileri toplayan ve Ana Kontrol İstasyonundan gelen uydu yörünge ve saat bilgilerini S band dalgaları ile her 6 saatte bir uydulara yükleyen tesisleridir.

İstasyonların yeryüzündeki dağılımı Jeodizik ve jeodinamik çalışmalar için çok presizyonlu yörünge belirlemek için yetersizdir.

2.4. Kullanıcı Bölümü

Kullanıcı bölümü GPS sinyallerini konum belirlemesine dönüştürmek için gerekli aletlerden oluşmaktadır. Anlık konum tesbiti için kullanıcı 4 veya daha fazla uydudan (3 uydu konum tesbiti ve 1 uyduda uydu-alıcı saat farkının çözümü için) gelen sinyalleri ölçerek hem zamanı, hem kendisinin üç boyutlu konumunu, hemde eğer hareket halinde ise hızını hesaplayabilir.

2.4.1. GPS alıcıları

Navigasyon ve jeodezik konum belirlemede GPS sinyallerini kullanabilmek için uygun alıcılara ihtiyaç vardır. Sistem halen gelişme safhasındadır ve buna paralel olarak GPS alıcıları da çok hızlı bir gelişme göstermektedir. Piyasaya devamlı yeni tip GPS alıcıları çıkmakta ve mevcut olan aletler firmalar tarafından geliştirilerek daha küçük, hafif ve otomatik hale getirilmektedir. Bununla birlikte bazı eski aletler de piyasadan çekilmektedir.

Bir GPS alıcısının ana bileşenleri şunlardır:

- Anten ve güçlendiricisi
- Radyo-Frekans bölümü
- Mikropresesör
- Hassas osilatör.
- Güç kaynağı
- Data kayıt, hafıza (bellek)
- Kumanda ve görüntü paneli

Anten uydudan gelen elektromanyetik dalgaları alır ve güçlendirerek Radyo Frekans bölümüne aktarır. Anten ile alet arasındaki bağlantı 10m.- 30m 'lik kablolar vasıtası ile yapılır. Anten ve kablo yardımıyla R.F. bölümüne ulaştırılan sinyal daha düşük bir frekansa dönüştürülür ve bir veya daha fazla kanallarda değerlendirilir. Sinyallerin değerlendirme işlemi sinyal prozessoründe yapılır. Kod ölçüleri

yardımıyla psudorangeler belirlenir, sinyaldeki data bloku dekode edilir. Dekode işleminin yapılabilmesi için C/A ve P kodunun bilinmesi gerekir. Faz ölçüleri kod ve Data- Kodu modülasyonundan bağımsız hale getirilir. Kaydedilen sinyallerin hangi uyduya ait olduğu S.P. tarafından uydulara ait özel kodlar veya taşıyıcı fazın değişimi (Doppler-Frekans kayması) yardımıyla tespit edilir. R.F'ta diğer önemli bir bölümü ise referans frekanslar oluşturmaya yarayan ossilatör ile yabancı sinyallerin elimine edildiği filtre ve değişik genlik ve frekansa sahip sinyallerin birbirleriyle matematiksel olarak çarpıldığı karıştırıcı (Mixer) kısımlarıdır. Radyo Frekans'ta sinyallerin değerlendirildiği kanal sayısı çok önemlidir. Kanal sayısının fazlalığı çok sayıdaki uydudan sinyal kaydetme olanağı verir. Aletlerdeki kanallar fiziksel olarak yapılabileceği gibi özel programlar vasıtası ile de oluşturulabilir. Aletin mikropressesör bölümü tüm sistemin yönlendirildiği bölümdür. Navigasyon işlemide yine bu bölümde yapılır.

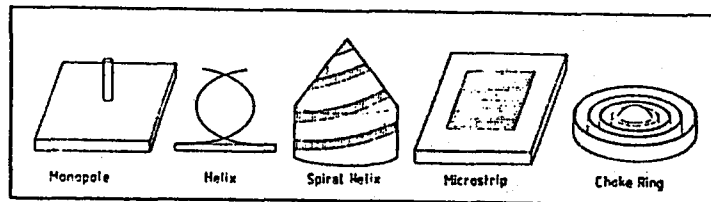
Kominikasyon bölümü genellikle klavye ve display şeklindedir ve gözlemci ile aletin merkezi kısımları arasında ilişki kurmayı sağlar. Gözlemci kominikasyon bölümü yardımıyla ölçüyü istediği gibi yönlendirir.

Data kayıt bölümü ise ölçülerin kayıt edildiği bölümdür. Kayıt işlemi alet dışında veya alete monte edilmiş bir bilgisayardaki disketlere yapılabileceği gibi kasetlere de yapılmaktadır (Wild-Magnovox).

Enerji kaynağı bölümü ise aletin çalışması için gerekli enerjinin sağlandığı bölümdür. Aletlerin birçoğu 12 voltluk enerjiyle çalışır.

Bir alıcı bir veya birkaç kanallı olabilir. Üç tür kanal vardır. Bunlar:

- 1- Paralel kanal (parallel channel)
- 2- Sıralı kanal (sequencing channel)
- 3- Katlamalı kanal (multiplexing channel)



Şekil 2.2 Anten tipleri (SEEBER, 1993)

Paralel Kanal: Her kanal sürekli olarak bir uyduyu izler. Üç koordinatı ve zamanı belirlemek için en az dört paralel kanala ihtiyaç vardır. Modern alıcılarda her frekans için 12 kanala kadar kanal vardır.

Sıralı Kanal: Bu tür kanal düzenli aralıklarla uydudan uyduya geçer. Tek kanallı bir alıcı üç boyutlu konum belirlemek için en az dört uyduya bağlantı yapmalıdır. Bu tür alıcıların bazılarında bir kanal sürekli olarak dataları işlemeye ayrılmıştır. Çoğunlukla hızlı sıralı kanallar kullanılır. Her uydu için 1 saniyelik bir bağlanma zamanı yeterlidir.

Katlamalı Kanal: Değişik uydular arasında çok yüksek hızda sıralı geçiş yapar. Geçiş çoğu zaman navigasyon mesajları ile senkronizedir. Dört uydu için sıralı bağlantı 20 milisaniyede tamamlanır. Çift frekanslı alıcılarda bu 40 milisaniyedir. Esas olarak bütün uydulara quasi-simultane ölçüleri elde etmek için birtek gerçek kanal kullanılır. Katlamalı kanalın bir avantajı paralel kanalla karşılaştırıldığında kanala bağımlı sistematik hatalar (Interchannel biases) rol oynamaz. Sürekli izli paralel kanallar daha ucuz ve alıcı için daha iyi sonuç verirler.

GPS alıcıları değişik kategorilere göre çeşitli gruplara ayrılabilirler.

Önceleri iki sınıfa ayrılıyordu.

- Kod bağımlı alıcılar
- Kodsuz alıcılar

Artık her iki teknik her alıcıda birlikte uygulandığından böyle bir ayrım anlamını yitirmiştir. Daha iyi bir sınıflandırma mevcut data tipleri ile yapılır:

- C/A Kod.
- C/A Kod + L1 taşıyıcı faz.
- C/A Kod + L1 taşıyıcı faz + L2 taşıyıcı faz.
- C/A Kod + P Kod + L1.L2 taşıyıcı faz.
- L1 Taşıyıcı faz. (sık kullanılmaz)
- L1 .L2 taşıyıcı faz (sık kullanılmaz)

Bir diğer sınıflandırma, kanalların gerçekleştirilme tekniği ile ilgilidir.

- Çok kanallı alıcılar
- Sıralı kanallı alıcılar
- Katlamalı kanallı alıcılar.

Son bir sınıflandırma da kullanıcılara göre yapılır

- Askeri alıcılar
- Sivil alıcılar
- Navigasyon alıcılar
- Zaman alıcılar
- Jeodezik alıcılar

C/A kod pseudorange alıcılar: C/A kod pseudorange alıcılar genellikle elde kullanılan ve enerjisini küçük pillerden sağlayan alıcılardır. Bu tip cihazların birden altıya kadar bağımsız alıcı kanalları vardır ve çıktı olarak üç boyutlu konum verirler : enlem, boylam ve yükseklik yada bir harita sistemindeki dik kordinatlar. Alıcının hareketli olduğu uygulamalarda dört veya daha fazla kanallı olanlar tercih edilir. Çünkü uydu uzaklıklarının sürekli gözlenmesi daha doğru sonuçlar elde etmemizi sağlar. Diğer taraftan alıcının sabit konumlarda olduğu uygulamalarda tek kanallı alıcılar uygundur ve uzaklık ölçmeleri yapılır. Çok kanallı C/A kodlu pseudorange alıcısı yürüyüş yapan insanlar, denizciler ve otomobiller için en uygun alıcı tipleridir.

C/A kod ve taşıyıcı faz alıcıları :Oniki kanallı olanları vardır. Bu alıcılar her tipte tasarlanan ölçme yöntemini yapabilir ve aynı zamanda taşıyıcı fazı hafızasında tutma yeteneğine sahiptirler. Bu alıcılar ile statik , kinematik ve pseudokinematik presizyonlu ölçme yöntemleri uygulanabilir.

P kod ve taşıyıcı faz alıcıları : P kod alıcılar ölçme, nokta konumlandırma ve navigasyon için 1984 yılında yapılmış ilk alıcılardır. P kod alıcılar ile çok uzun bazlar (100 km) bir santimetrenin altında bir doğrulukla belirlenebilir. Ayrıca P kod alıcıların bir başka avantajı da orta mesafedeki (20 km) ölçü hassasiyetidir. Orta mesafelerde on dakikalık veriyle santimetre seviyesinde doğruluk elde edilir. Bu değerlendirme esnasında, iyonosferik hataları elemine etmek için L1 ve L2 fazının lineer kombinasyonu olan L3 fazı kullanılmaktadır. Bu yöntem wide lane (WL) tekniğinde denmektedir.

2.5 REFERANS SİSTEMLERİ

2.5.1 Referans koordinat sistemleri

Uydu jeodezisinde kullanılan iki tane referans kordinat sistemi vardır Referans kordinat sistemlerinin ilki İnersiyal veya Uzaysal Referans kordinat sistemidir. (uzay sabit - Conventional Inertial System, CIS) ikinci sistem ise Konvansiyonel yersel sistem (dünya sabit Conventional Terrestrial System, CTS) dır. Bu kordinat sistemleri konumları belirlemek, uydu hareketlerini ifade etmek ve ölçüleri modellendirmek için kullanılır. GPS' te temel uzunluk gözlemi aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$e = |e^s - e_R| \quad (2.1)$$

burada e uzunluktur. e^s uydu konum vektörü ve e_R ise gözlem noktasının konum vektörüdür. bu iki konum vektörü ortak bir referans sisteminde ifade edilmelidir. Bu ortak referans sistemi genellikle yersel kordinat sistemidir. Uydu hareket denklemi ise İnersiyal referans sisteminde ifade edilir. İnersiyal referans sisteminde yersel sisteme dönüşüm aşağıdaki şekilde yapılır.

$$\chi_{\text{yersel}} = \text{MNSP } \chi_{\text{İnersiyal}} \quad (2.2)$$

Burada P presasyonu, N nutasyonu tanımlar. S zamana bağlı değişkenlerdir. (örnek olarak üniversal zaman ve yıldız zamanı gibi) , M ise kutup hareketidir. Dünya dönüş ekseninin ortalama hareketi, referans kutbunu (Uzaysal Efemeris Kutbunu (Celestial Efemeris Pole, CEP)) , gösterir ve bu konum Konvansiyonel Uluslararası Orijin (Conventional International Origin, CIO) olarak adlandırılır. Konvansiyonel Uluslararası Orijin 1900 ve 1905 yılları arasında tanımlanan dünyanın dönüş ekseninin ortalama hareketidir. Fakat şimdi daha presizyonlu uzaysal teknikler kullanılarak belirlenmiştir.

Uydu jeodesisinde yersel kordinatları coğrafik formda açıklamak için referans elipsoidleri kullanılır. Uydu Lazer Konum Belirleme Sisteminde (Satellite Laser Ranging, SLR) kullanılan GRS-80 (Geodetic Reference System-80 , GRS-80) elipsoididir. GPS sisteminde ise WGS-84 (World Geodetic System-84) elipsoidi kullanılır. Dünyanın dönüş parametrelerini hesaplayan uluslararası kurum (International Earth Rotation Service, IERS) , Çok Uzun Bazlı İnterferometri (Very Long Baseline Interferometry, VLBI) , Uydu Lazer Konum Belirleme (Satellite Laser Ranging, SLR), Ay Lazer Konum Belirleme (Lunar Laser Ranging, LLR) istasyonları ile son zamanlarıda GPS izleme istasyonlarını kullanarak Uluslararası Yersel Referans Sistemini (International Terrestrial Reference System, ITRS) belirlemiştir. Şimdiki yersel sistemler arasındaki dönüklükler IERS bültenlerinde yayınlanmıştır. Bütün modern yersel sistemlerde orijin Dünyanın ağırlık merkezinde olur. Z eksenini Dünyanın ortalama dönüş eksenidir. X eksenini ortalama Greenwich meridyen düzlemi içindedir. ve Y eksenini XZ düzlemine dik olmalıdır.

Yersel bir sistem tanımlanırken genelde yüzey noktaları hareketsiz olarak düşünülür fakat dünya yüzeyindeki bütün noktalar gelgit kuvvetleri, tabaka hareketleri ve yöresel tektonik hareketler sebebiyle sürekli olarak hareket eder. Bu nedenle herhangi bir anlık yersel sistem, yüzey noktalarının ortalama bir şekilde hareketsiz olduğu düşünülerek tanımlanmıştır. (MORITZ, 1980) Yeni yersel sistemler X, Y, Z

kordinat sistemiyle ve referans sisteminin zamanla hareket ettiğini vurgulamak amacıyla X,Y,Z bileşenlerinin hızları tanımlanmıştır.

2.5.2. Zaman sistemleri

Uydu jeodizisi ile uygun olarak 3 ayrı zaman sistemi kullanılır.

a) Yer kürede yapılan gözlemler ile uydu hareketlerinin tarif edildiği sistem arasında bir ilişki kurulabilmesi için, gözlemlerin yapıldığı anda dünyanın uzaydaki konumunun bilinmesi gerekir. Bu amaçla yıldız zamanı ve dünya zamanı'ndan yararlanılır.

b) Uydu hareketlerini açıklayabilmek için bağımsız çok düzgün hareketli bir zaman sistemine ihtiyaç vardır. Böyle bir zaman sistemi olarak dünyanın uzaydaki yörüngesinde yaptığı hareketten üretilen dinamik zaman kullanılır.

c) Uydulara yapılan ölçülerde presizyonlu sonuçlar alabilmek için, uydudan gönderilen veya Uydu Lazer uzunluk ölçülerinde olduğu gibi (SLR) prizma ile kaplı uydularda (Lageos ve Starlette) yansıyarak geri gelen sinyallerin alıcıya ulaşım süresinin çok hassas olarak belirlenmesi gerekir. Bu amaca yönelik zaman sistemine'de atom zamanı denir.

GPS sisteminin kendine özgü bir zaman sistemi vardır. GPS sistemine ait atom saatlerinin sürekli kontrol altında tutulmasıyla elde edilen GPS zamanı (GPST) 5 ocak 1980 tarihinde UTC zamanına eşitti. GPS zamanına saniye eklemek veya çıkarmanın mümkün olmaması nedeniyle zamanla iki zaman sistemi arasındaki saniyenin tam katında artan farklar meydana geldi (Seeber, 1993).

$$GPST = TAI - 18 \text{ sn}$$

Einstein'in "Relativite Teorisi'ne" göre birbirilerine karşı relatif bir harekette bulunan iki ayrı imersiyal sistemindeki saatlerin hareketine başlama noktaları (sıfır noktaları) eşit seçilse de gidiş hızları aynı değildir. Ayrıca gravitasyon da saatlerin gidiş hızlarını etkiler. Bu nedenle;

- Uydudaki saatler uydunun dünyaya karşı relatif hızından dolayı yer küre üzerindeki bir saatten daha yavaş giderler

- Yer küreye yaklaşık 20.200 km uzaklıkta uçan uyduya yer kürenin çekim gücü etkisinin, yer küre üzerindeki bir saate nazaran daha düşük olması nedeniyle de uyduda bulunan saatler yeryüzündekilerden daha hızlı giderler. Her iki etkeni birlikte göz önünde bulundurarak uydu ve yeryüzündeki saatlerin gidiş hızları arasındaki toplam fark elde edilir.

2.6.Efemerisler:

Colorado Springs' teki ana kontrol istasyonu, izleme istasyonları tarafından gözlenen veriyi toplamakla ve uydu yörüngelerini hesaplamakla görevlidir. Hesaplanan yörünge, her uyduya yer kontrol istasyonları aracılığı ile yüklenir. Dünya üzerindeki yada daha değişik bir yerdeki alıcı Broadcast Efemeris olarak adlandırılan bu bilgiyi alır. Broadcast Efemeris bilgileri GPS uydu sinyali içindedir. Uydular tarafından yayınlanan Broadcast Efemerisler Kepler elemanlarıdır. Kepler elemanları şunlardır:

Ω : çıkış düğümü (ascending node) rektasansiyonu

ω : çıkış düğümü ile perige arasındaki açısal uzaklık

i : ekvator düzlemi ile yörünge düzlemi arasındaki açı

a : yörünge elipsinin büyük yarı eksen

e : yörünge elipsinin eksentrisitesi

t_p : uydunun perige geçiş zamanı

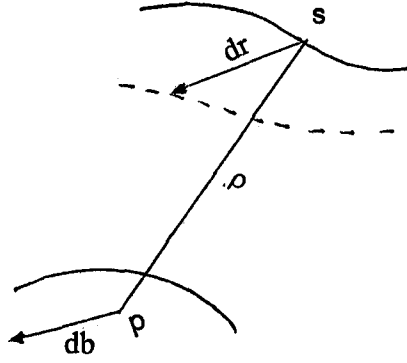
Kepler elemanları, Ω ve i uzayda yörünge düzleminin yönelttilmesini tanımlar, ω yörünge düzleminde perigenin konumunu belirler, a ve e ise yörünge elipsinin büyüklüğünü tanımlar. Kepler elemanlarının hareket sabitleri olarak seçimi bazı durumlarda uygun değildir. Örneğin dairesel yörüngelerde $e=0$ olup ω ve f tanımsızdır.

Sonuçların kalitesini arttırmak için, Dünyaya yayılmış Uluslararası GPS Geodinamik servisi istasyonları (International GPS Geodynamics Service, IGS) yirmidört saat boyunca GPS verisi toplar. Bu veri günlük bazlarda Amerikan Ulusal Jeodezik Ölçme Kurumuna (U.S. National Geodetic Survey, NGS) gönderilir. Veri istendiği zaman sivil kullanıcılar tarafından alınabilir. IGS istasyonları Dünya çapında VLBI veSLR istasyonlarındadır. Uygun bir yazılım kullanılarak, yüksek doğruluklu yörüngeler yada presizyonlu efemerisler bu veriden hesaplanır. Birçok merkez presizyonlu efemerisleri ve Dünya dönüş parametrelerini (Earth rotation Parameters, ERP) IGS istasyonlarından elde edilen veri ile hesaplar.

GPS ölçülerinin erişilebilir duyarlılığı, özellikle uzun bazlar için, aslında atmosferdeki gecikmelerdeki belirsizlikler ve uydu konumlarındaki hatalarla sınırlıdır.

Diferansiyel GPS teknikleriyle elde edilen bir b bazının duyarlılığı olan db 'nin yörünge hatası dr ile aşağıdaki gibi bir ilişkisi vardır.

$$\frac{db}{b} = \frac{dr}{p} \quad (2.3)$$



Şekil 2.3 Yörünge hatasının etkisi

Görüldüğü gibi bazın duyarlılığı, baz uzunluğunun (b) uydu mesafesine (p) oranına dayanır.

Tablo 2.2 1cm'lik baz hatasının yörünge hatası ile ilişkisi (SEEBER, 1993)

Baz Uzunluğu	Yörünge Hatası
0,1 km	2500 m
1,0 km	250 m
10 km	25 m
100 km	2,5 m
1000 km	0,25 m

Tablo 2.3 Yörünge hatası ve bağıl hassasiyet arasındaki ilişki (SEEBER, 1993)

Rölatif Hassasiyet	Yörünge hatası
5 ppm	125 m
1 ppm	25 m
0,5 ppm	12,5 m
0,1 ppm	2,5 m

Broadcast Efemeris belirli bir zaman peryodu içerisinde uyduların yörüngesini ve bu yörüngeler boyunca uyduların konumlarını tanımlayacak parametreler içerir. ABD tarafından geliştirilen Dünya üzerinde uygun dağıtılmış ve çok hassas saatlerle donatılmış, konumları çok iyi bilinen 5 adet uydu kontrol istasyonundan (Ascension, Diego Garcia, Kwajalein, Hawaii, Colorado Springs) sisteme ait uydular sürekli izlenir. Her bir istasyonda toplanan veriler ana kontrol istasyonuna (Colorado Springs) gönderilir. Burada toplanan bilgiler değerlendirilerek uyduların yörüngeleri hesaplanır ve geleceğe dönük olarak belli bir zaman aralığında uydu yörüngelerinin konumu kestirilir. Hesaplanan bu efemeris bilgileri ana kontrol istasyonu tarafından uydulara belirli sinyallerle yüklenir.

Precise Ephemerides U.S Defense Mapping Agency (DMA) tarafından dünyaya dağılmış 10 istasyonda kaydedilen GPS sinyallerinden hesaplanır. GPS kontrol istasyonlarından başka oluşturulan bu izleme ağlarından elde edilen gözlem verilerine dayanarak uyduların yörüngeleri ve yörünge boyunca konumları bu efemeris ile belirlenir. Örneğin, uydu izleme ağlarından CIGNET ağını oluşturan yer izleme istasyonlarında belirli bir zaman içerisinde hesaplanan uydu yörünge bilgileri daha duyarlı bir şekilde elde edilir. Bu bilgiler uluslararası bilgisayar bağlantıları ile sabit izleme istasyonlarına serbestçe aktarılır. Bu efemerisi oluşturan bilgiler ticari kullanıma açık olmayıp resmi kuruluşlara verilmektedir (SEEBER, 1989; WELLENHOF ve diğ. , 1992; WELLS ve diğ., 1986).

BÖLÜM 3: ÖLÇME ESASLARI VE SİNYAL YAPISI

3.1 Giriş

NAVSTAR GPS tek yönlü bir ölçme sistemidir. Temel ölçü sinyalinin uydu ve alıcı antenleri arasında yol alma süresidir. Sinyal yol alma zamanı sinyal yayılma hızı kullanılarak mesafe ölçümüne dönüştürülür.

Uyduda okunan saat ile alıcı saatinin senkronize olmamasından dolayı sinyal seyahat zamanı sistematik senkronizasyon hatası (time bias) içerir. Bu nedenle ölçülen uzunluklar pseudorange olarak adlandırılır. Bu sebeple GPS ölçme esaslarının temeli pseudorange lerin hesaplanması olarak kabul edilebilir.

Uzayda bir noktanın koordinatlarını belirlemek için eşzamanlı ölçülmüş üç uzaklık gereklidir. Dördüncü uzaklık ise saat senkronizasyon hatasını belirlemek için kullanılır. Ayrıca uydu koordinatları ve uydu zamanının da belirlenmesi zorunludur.

GPS uyduları 2 tür kod ve navigasyon mesajı ile modüle edilmiş 2 temel taşıyıcı sinyali göndermektedir. $L1 = 1575,42$ MHz ve $L2 = 1227,60$ MHz. $L1$ sinyali 0,19m ve $L2$ sinyali ise 0,244m dalga boylarına sahiptir. Bu sinyaller uydu içindeki atom saatlerince oluşturulan $f_0 = 10,23$ MHz temel frekanstan (fundamental frequency) üretilmektedir. Temel frekansı 154 ile çarparak $L1$ ve 120 ile çarparak da $L2$ frekansları elde edilmektedir.

Sinyallerin gönderilmesi için iki ayrı frekansın seçilmesinin amacı, sinyalin iyonasferden geçerken ortaya çıkan zaman gecikmesinin belirlenmesidir. $L1$ taşıyıcı sinyaline P-kod (Precision or Protected) ve C/A Kod (Clear/Acquisition or Coarse/Access) $L2$ taşıyıcı sinyalinde P-kod modüle edilmiştir. P- kodunun frekansı (chipping rate) temel frekansa eşittir, yani 10,23 MHz ve C/A kodu'nun frekansı 1,023 MHz'e (temel frekansın 1/10'u) eşittir. Diğer bir ifade ile P kod temel frekans 10,23 aralıklarında gönderilen (+1, -1) dizilerinden ve C/A Kodu da 1,023 MHz aralıklarında gönderilen (+1, -1) dizilerinden ibarettir.

P kod dizisi uzun olup 266 günde bir tekrarlanır. Bunun bir haftalık bölümleri uydulara ayrı ayrı tanımlanmıştır. Her hafta cumartesiye pazara bağlayan gece yarısı (0^hUT) tekrar başa dönerek devam ederler.

C/A kod dizisi yalnızca 1 milisaniyelik bir uzunluğa sahiptir.

P kodunun dalga boyu 29.3m, C/A kodunun dalga boyu 293 m.dir.

GPS sinyalleri gerçek zamanlı navigasyonu sağlamalıdır. Bu taşıyıcı sinyallerin Pseudo Random Noise (PRN) kodlarla modülasyonu sağlanır. Taşıyıcı

dalgalara C/A ve P kodları ile birlikte yörünge parametreleri ve uydu saatleri düzeltme katsayılarından oluşan bir databloku modüle edilir.

3.2. L1 Sinyalinin Kodlanması

1575,42 MHz 'lik taşıyıcı frekans sinüs ve cosinüs dalgalarına bölünür. (90° lik faz kaydırımı yapılarak iki ayrı taşıyıcı dalga oluşturulur.)

Oluşturulan sinüs dalgasına;

- C/A Kodu
- Data kodu

Cosinüs dalgasına

- P Kodu
- Data kodu

modüle edilir.

3.2.1. Sinüs dalgasının modüle edilmesi

Sinüs dalgasına C/A kodu ve Data kodu modüle edilir. C/A kodu gizli tutulmayan bir kod'dur. Bu nedenle de her kullanıcının kullanımına açıktır. C/A kodu modülasyonu 1ms peryotlu 1,023 MHz lik frekanslar halinde yapılır. Sinyaller (+) ve (-) işaretli merdivenler şekline getirilir. Her işaret değişiminde sinyal 180° lik faz sıçraması yapar. Merdiven şeklindeki sinyaller GPS aletlerinde dekode edilerek tekrar kod ve data blokuna dönüştürülürler. C/A kodunda her 1540 dalga (+) veya (-) işaretini taşımaktadır. C/A kodunun dalga boyu yaklaşık 293m 'dir. C/A kodu ile belirlenen koordinatların hassasiyeti 10-30 m arasındadır.

Sinüs dalgasına ayrıca uydu yörüngesi ile ilgili parametreler ile uydu saatinin düzeltme katsayılarından oluşan bir data bloku (Navigasyon haberi) de modüle edilir. Bir tam data bloku 5 alt çerçeveden oluşur. Alt çerçevelerin her biri 300 Bit (6 saniye), bir tam data bloku ise 1500 Bit uzunluğunda ve 30 sn. sürmektedir (ALTINER, 1990).

3.2.2. Cosinüs dalgasının modüle edilmesi

Cosinüs dalgasına P kodu ve databloku modüle edilirler. P kodunun modülasyon frekansı 10,23 MHz dir. Dalga boyu ise yaklaşık 29,3 m. uzunluğundadır. P kodundaki modülasyon frekansının C/A 'ya nazaran daha hızlı

olması nedeni ile sinyalin ulaşım süresi daha hassas olarak ölçülür. Dolayısı ile elde edilen nokta koordinatlarının hassasiyeti 0,3m. ile 1 m. arasındadır.

Cosinüs dalgasına databloku modülasyonu sinüs dalgasına data bloku modülasyonunda açıklandığı gibi yapılır.

3.3. L2 Sinyalinin Kodlanması

L2 sinyalinin kodlanmasında sadece cosinüs dalgası kullanılır. Cosinüs dalgasına P kodu ve databloku modüle edilir.

Uydulardan gönderilen L1 ve L2 sinyallerinin matematiksel yazılışı şöyledir.

$$SL1(t) = A_p P_i(t) D_i(t) \sin(W_1 t) + A_c C_i(t) D_i(t) \cos(W_1 t)$$

$$SL2(t) = B_p P_i(t) D_i(t) \sin(W_2 t)$$

Burada

A_p	: P kodunun genliği
$P_i(t)$	: P kod dizisi (F 1 şeklindedir)
$D_i(t)$	: Data dizisi (F 1 şeklindedir)
A_c	: C/A Kod dizisi (F 1 şeklindedir)
$A \sin(W_1 t)$	: Taşıyıcı sinyali

3.4. Data kodu

Data önce değinildiği gibi Cosinüs dalgasına modüle edilen databloku 1500 Bit uzunluğundadır ve 30 sn sürmektedir. 1500 bitlik bloka çerçeve (frame) adı verilir. Her çerçeve 5 alt çerçeveden (subframe) oluşur. Her alt çerçeve 10 kelime ihtiva eder (Her kelime 30 Bit uzunluğundadır)

- 1- TLM. HOW Saat düzeltme ve iyonosfer parametreleri
- 2- TLM. HOW Uydu yörünge parametreleri
- 3- TLM. HOW Uydu yörünge parametreleri (Devamı)
- 4- TLM. HOW Almanak ve uyduların durumu hakkında bilgi
- 5- TLM. HOW Almanak ve uyduların durumu hakkında bilgi

Datablokundaki her alt çerçevenin ilk iki kelimesi TLM (Telemetry Word) ve HOW (Hand Over Word) dır. Navigasyon mesajı ile ilgili bilgiler 3. ve 10. kelimeler arasındadır.

TLM : Uyduya yeni yörünge datalarının aktarılması gibi, o anda uydu ile ilgili bir işlemin yapılıp yapılmadığı hakkında bilgi ihtiva eder. (14 Bit) Ayrıca 8 Bit uzunluğunda navigasyonu kolaylaştırıcı bilgiler ihtiva eder.

HOW: Uydu saatinin sıfır noktası, P kodunun inisalizesi ile aynıdır. Bu nedenle HOW P koduna geçişi sağlar.

1. Alt Çerçeve:

AODC (Age of Data Clock) referans zamanı t_0 ile saat düzeltme parametreleri'nin hesaplanması için ölçülen zaman noktası arasındaki farkı verir. AODC ile saat düzeltme parametrelerinin eskiliği hakkında bilgiye sahip olunur.

Saat Düzeltme Parametreleri: Saat düzeltme parametrelerinin amacı (a_0 , a_1 , a_2)uydu zamanı ile GPS zamanı arasındaki farkın bulunmasına yardımcı olmaktır. İki zaman arasındaki fark bir polinomun katsayıları şeklinde verilir. Ölçülen uydu saatine katsayılar yardımı ile düzeltme getirilir. Saatlerin gidiş hızları arasındaki fark Einstein'ın Relative Teorisi'ndeki nedenlere dayanır ve sabit değildir. Fark uydunun yörüngesinde bulunduğu yere göre değişir.

2. Alt Çerçeve

AODE : (Age of Data Ephemeris) yörünge datalarının yaşı hakkında bilgi verir.

Yörünge Parametreleri : Sinyali kayıt edilen uydunun yörünge parametreleri bulunur.

3. Alt Çerçeve:

AODE ve sinyali kayıt edilen uydunun yörünge parametrelerinin devamı.

4. Alt Çerçeve:

Almanak: Almanak hassas olmayan yörünge parametreleridir. Almanakla hangi uydudan ne zaman sinyal alınacağı hesaplanır.

Uyduların durumu hakkında bilgi (Health): Uydunun ölçüye uygun olup olmadığı bildirilir.

İyonosfer refraksiyon modeli: Tek frekanslı alıcılarla yapılan ölçülerden sinyallerin gözlem noktasına ulaşım süresinin bulunabilmesi için getirilecek iyonosfer refraksiyon düzeltmesini içerir.

UTC: GPS zamanından UTC'nin hesaplanmasını sağlar.

Uzaydaki Uydu Kombinasyonu : Ölçü gününde yörüngesinde uçan tüm uyduların numaralarını bildirir.

P Kodunun gizliliği ile ilgili bilgi: P kodunun başka bir gizli kodla değiştirilip değiştirilmediği hakkında bilgi.

5. Alt Çerçeve:

Almanak; 1.den 24 numaraya kadar olan uyduların almanak dataları.

Uyduların durumu hakkında bilgi: P kodunun başka bir gizli kodla değiştirilip değiştirilmediği hakkında bilgi.

Sistemle ilgili 4. ve 5. alt çerçevelerdeki tüm bilgilerin alınabilmesi için 25 çerçeveye (25 çerçeveye⁴ bir sayfa Page denir) ihtiyaç vardır. 1. 2. ve 3. alt çerçevelerdeki bilgiler değişmeden tekrar verilirken 4. ve 5. alt çerçevedeki bilgiler 30 saniyede tekrarlanır. Sistemle ilgili tüm bilgi 12,5 dakikada ulaşmaktadır (ALTINER, 1990).



BÖLÜM 4 : GPS ÖLÇÜLERİ VE MATEMATİKSEL MODELLER

4.1. Giriş

GPS bir ölçme sistemidir ve uzunluk ölçümü yapılır. Bu uzunluk, uydu ile alıcı arasındaki geometrik uzunluktur. İstenilen koordinatlar yer alıcısının koordinatlarıdır. Uydu koordinatları uydular tarafından yayınlanan bilgilerden elde edilir. Uzunluk ölçmesinin iki yöntemi vardır. Birincisi, kod uzaklık ölçme yöntemidir. Bu yöntemde, sinyalin uydudan çıkışından itibaren yer alıcısına gelene kadar geçen zaman ölçülür. Ölçülen zaman ile sinyalin hızı çarpılarak uzaklık bulunur. Alıcıdaki ve uydudaki saatler hiçbir zaman mükemmel olarak senkronize edilemez ve saat hataları oluşur. Saatin hatalı olması demek ölçülen zamanın yanlış olması demektir ve bu nokta konumunun doğruluğunu etkiler, fakat bu saat hataları çok büyük değerler değildir. Bu hatalar nedeni ile bu uzaklıklar pseudorange (R) olarak adlandırılır. Saat hataları matematiksel modellerde açıklanan fark alma yöntemleri ile elemine edilir. GPS ölçülerinden ikincisi, gelen sinyalin fazını ölçmektir. Uydular konum belirlemek amacı ile Dünyaya sürkeli olarak sinyaller gönderirler. Alıcı açıldıktan sonra sürekli faz üretmeye başlar. Alıcı sinyali, uydudan gelen sinyalin tam deviri ile birlikte sayılmaya başlanır ve uydu görüntüden çıkana dek sayılır. Uydu ve alıcı sinyalinin birlikte sayılmaya başlamasından önceki uydu sinyalinin tam devir sayısı bilinmez ve bu tamsayı belirsizliği olarak adlandırılır. Eğer çeşitli engellerden dolayı uydu sinyali bloke edilmezse, bir uydu ve alıcı çifti için tamsayı belirsizliği sabittir. Faz ölçmeleri de saatlerin tam olarak senkronize olmamasından dolayı saat hatası ile yüklüdür. Ayrıca düzenli ve rastgele hata kaynakları vardır. Bu hataları ve atmosferik etkileri, özellikle iyonosferik hatayı elemine etmek için kullanılan kombinasyonlar bu bölümde anlatılmıştır.

4.2. Ölçüler

Dört temel ölçü tanımlanabilir

- Kod ölçülerinden pseudorange
- Doppler sayılarından pseudorange farkları
- Taşıyıcı faz veya taşıyıcı faz farkları
- Interferometrik ölçülerden sinyal yayılma zamanı farkları

-Kod ölçülerinden elde edilen bir pseudorange

Uydudan alınan bir kod dizisi ile GPS alıcısında üretilen bir kod dizisi arasında maksimum korelasyonun sağlanması için gerekli zaman ötelemesinin ışık hızı ile çarpımına eşittir.

Tek bir pseudorange için temel gözleme eşitliği şu şekildedir.

$$PR_i = [x_i - x_B] + cdt_u = ((x_i - x_B)^2 + (Y_i - Y_B)^2 + (Z_i - Z_B)^2)^{1/2} + cdt_u \quad (4.1)$$

Burada;

R_i : Uydu anteni Si ve alıcı anteni B arasındaki geometrik uzaklık (eğik uzaklık)

X_i : CTS sisteminde (WGS 84) $X_i Y_i Z_i$ bileşenleri ile uydu konum vektörü

X_B : CTS sisteminde (WGS 84) $X_B Y_B Z_B$ bileşenleri ile alıcı antenin konum vektörü

Z_i : Uydu anteni Si ve alıcı anteni B arasında ölçülen sinyal yayılma zamanı

dt_u : GPS sistem zamanı ile alıcı saati arasındaki saat senkrenizasyon hatası

c : sinyal yayılma hızı

Gözleyici anteninin koordinatları X_B , dört uyduya yapılan eşzamanlı uzaklık ölçüleri ile elde edilebilir.

-Pseudorange farkları alınan taşıyıcı frekansın Doppler ötelemelerinin ölçülmesi ile TRANSIT NNSS sistemindekine benzer olarak elde edilebilir. Alınan frekans taşıyıcısındaki frekans ötelemesi alıcıda üretilen bir f_g referans frekansı ile karşılaştırılarak Doppler sayısı elde edilir.

$$N_{jk} = \int_{t_j}^{t_k} (f_g - f_r) dt. \quad (4.2)$$

N_{jk} ; B alıcı anteni ve bir Si uydusunun t_j, t_k epoklarındaki ardışık iki yörünge konumu arasındaki uzaklık farkı için bir ölçüdür.

İlgili gözleme eşitliği şu şekildedir :

$$\Delta R_i = |X_i(t_k) - X_B| - |X_i(t_j) - X_B| = \frac{c}{f_0} (N_{jk} - (f_g - f_s) (t_k - t_j)) \quad (4.3)$$

f_g : Alıcıda üretilen bir referans frekansı

f_s : Uydu anteninden yayılan sinyalin frekansı

f_r : Gözleyicinin anteninde alınan sinyalin frekansı

-Taşıyıcı faz, alıcı tarafından kaydedilen Doppler ötelemesine uğramış taşıyıcı sinyal frekansı f_{CR} ve alıcıda üretilen referans frekansı f_0 arasında yapılan bir faz karşılaştırılmasından elde edilir. Bu durumda esas ölçü, ölçülen faz farkıdır.

$$\varphi_B = \varphi_{CR} - \varphi_0 \quad (4.4)$$

λ : Taşıyıcı dalga uzunluğu

N_{BI} : R_i uzunluğundaki tam taşıyıcı dalga sayısı

d_{lu} : Saat senkronizasyon hatası

olmak üzere taşıyıcı dalga ölçüsünün gözleme eşitliği şu şekildedir.

$$\varphi_{BI} = \frac{2\pi}{\lambda} (|X_I - X_B| - N_{BI} \lambda + cdt_{lu}) \quad (4.5)$$

Bu metoddaki başlıca zorluk N_{BI} belirsizlik'sinin (belirsizlik). belirlenmesidir. Çünkü ölçü yalnızca bir dalga uzunluğundaki fazı belirler. N_{BI} belirsizlik terimi uygun metodlarla belirlenmelidir veya uzaklık yarım dalga boyuna (~ 10 cm) karşılık gelen bir incelikle bilinmelidir.

Genellikle A ve B gibi iki istasyonda gözlenen aynı uydu sinyalinin faz farkları temel ölçü olarak alınır. Tek Fark olarak adlandırılan bu ölçü için eşitlik

$$\Delta\varphi_{ABI} = \varphi_{BI} - \varphi_{AI} = \frac{2\pi}{\lambda} (|X_I - X_B| - |X_I - X_A|) - (N_{BI} - N_{AI})\lambda + (dt_{UB} - dt_{UA})c \quad (4.6)$$

Yukarıda verilen orjinal ölçü fark alınmamış faz ölçüsü veya Sıfır fark olarak adlandırılır.

-Interferometrik ölçülerde sinyal bilgisi veya sinyal yapısı kullanılmaksızın GPS sinyalleri kullanılır. A,B gibi en az iki istasyonda sinyaller ve presizyonlu zamanlar kaydedilir. Temel ölçü bir S_i uydusundan alınan sinyallerin her iki istasyona varış zamanları arasındaki ΔZ_{AB} farkıdır. Bu ölçü $R_{BI} - R_{AI}$ uzunluk farkına dönüştürülebilir. Gözlem eşitliği :

$$\Delta Z_{AB} = \frac{R_{BI} - R_{AI}}{C} = \frac{1}{C} (X_I - X_B) - (X_I - X_A) + (dt_{UB} - dt_{UA}) \quad (4.7)$$

Interferometrik ölçü sistemi ilk kez Mc Doraan tarafından 1979 yılında teklif edilmiştir. Bu yöntemede aynı sinyalin iki noktaya ulaşması zaman farkından

yararlanarak iki nokta arasındaki uzunluk hesaplanır. Hesaplama işlemi VLBI deki (Very Long Baseline Interferometry) yöntemle benzerlik gösterdiği için kullanılan yöntemle interferometrik yöntem denir. Yöntemin kullanılabilmesi için GPS aleti dışında zaman belirleyecek değişik aletlere de ihtiyaç vardır. Bu nedenle yöntemin uygulanmasına geçilememiştir. Interferometrik ölçüler çok gelişmiş aletler ve yüksek data işleme kapasitesini gerektirir (SEEBER, 1993).

Doppler sayıları ise çok uzun bir gözleme süresi ve alıcıda çok hassas osilatör gerektirmektedir. Bu nedenle uygulamalı jeodizide pseudorange ölçüleri olarak adlandıracağımız iki temel ölçü kullanılır.

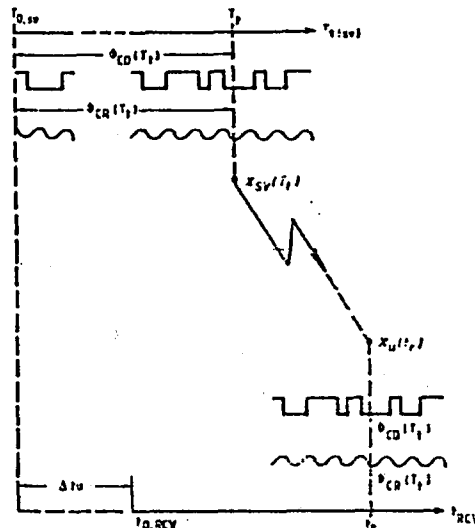
- Kod fazları (kod ölçülerinden üretilen pseudoranger)
- Taşıyıcı fazlar (taşıyıcı fazlardan üretilen pseudoranger)

4.3 Kod ve Taşıyıcı Fazlar

İki ölçü arasındaki temel karakteristikler ve farklar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.1 Kod ve taşıyıcı faz ölçüleri arasındaki farklar

	Kod	Taşıyıcı
Dalgaboyu	P kod 29,3m C/A kod 293 m	L1 19,05cm L2 24,45cm
Ölçme noisi	P kod 0,6-1m C/A kod 10 m	1-3mm
Klasik alıcılar	P kod 2,5 cm	<0,2mm
Yeni alıcılar	iyonosferik hata + ΔT_{ion}	iyonosferik gelişme - ΔT_{ion}
Yayılma etkisi	belirsizlik yok	belirsizlikler
Ambigutiy		



Şekil 4.1 Kod ve Taşıyıcı Fazların Sinyal Farkları

T : Uydu zamanı

t : Alıcı zamanı

t : İndisi sinyalin gönderilme zamanı

r : İndisi sinyalin alınma zamanı

f_{CD} Kod frekansı

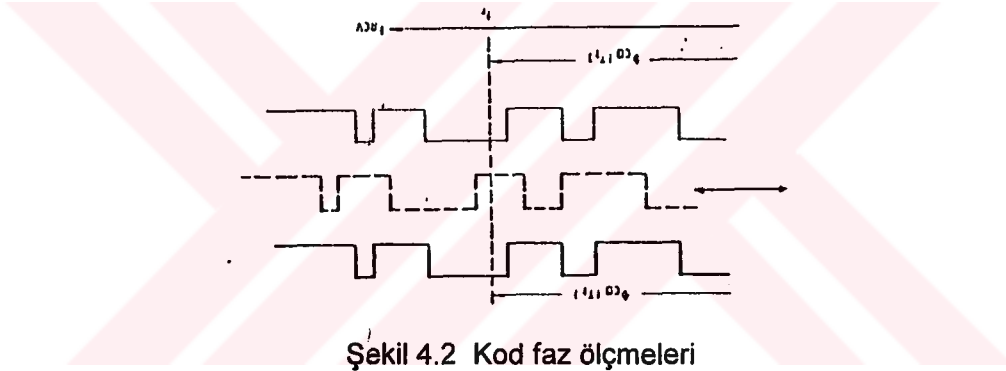
f_{CR} Alıcı frekansı

$\phi_{CD}(T_t) = T_{tsv} f_{CD}$ sinyalin gönderiliş epokunda kod fazı

$\phi_{CR}(T_t) = T_{tsv} f_{CR}$ sinyalin gönderiliş epokundan taşıyıcı fazı

$$t = \frac{\phi}{f} \quad (4.8)$$

Taşıyıcı faz $\phi_{CR}(T_t)$ uydu anteninden uydu zaman sisteminde ölçülen T_t epoku ayrılır. Sinyal yaklaşık ışık hızında yol alır ve alıcı antenine alıcı zaman sisteminde ölçülen t_r epokunda ulaşır. Aynı durum kod sinyalleri için de geçerlidir.



Şekil 4.2 Kod faz ölçmeleri

Kod fazı ölçme işlemi şekil 4.2'de gösterilmiştir. Alıcıda üretilen kod dizisi maksimum korelasyon elde edilinceye kadar uydudan alınan kod dizisine göre adım adım ötelenir. Alıcı kod dizisinin kod fazı $\phi_{CD}(T_t)$ maksimum korelasyon elde edildiği anda alıcı zaman sisteminde t_r denilerek ölçülür. Her iki saat okuması arasındaki fark pseudorange verir.

$$PR = c(t_r - T_t) \quad (4.9)$$

dt_s : GPS zaman sistemine göre uydu saati hatası

dt_u : Saat senkronizasyon hatası (alıcı için)

dta : Atmosferik yayılma gecikmesi

ϵ_R : Gözleme noise

R : Eğik uzaklık

olmak üzere 4.1 den daha geliştirilmiş kod gözleme eşitliği şu şekilde elde edilir

$$PR_{CD} = c(t_r - T_t) = R + cdu + cdt_s + dcta + \epsilon_R \quad (4.10)$$

Sinyalin gönderilme ve alınma ekoplarındaki B alıcısı ve S uydusu arasındaki uzaklık R

$$R^2 = (X_s(T_t) - X_B(t_r))^2 + Y_s(T_t) - Y_B(t_r))^2 + Z_s(T_t) - Z_B(t_r))^2 \text{ ve } T_t = t_r - \frac{R}{C} \quad (4.11)$$

eşitliği ile verildiğinden (7.41) eşitliği iteratif bir karakter taşır.

Taşıyıcı faz ölçme işlemi şekil 4.1'de gösterilmiştir. Ölçü gönderilen ve Doppler ötelemesine uğramış taşıyıcı fazı $\varphi_{CR}(T_t)$ uydu zaman sisteminde tanımlanan ile alıcı zaman sisteminde tanımlanan referans sinyali fazı $\varphi_o(t_r)$ arasındaki farktır. Ölçülen relatif faz.

$$\varphi_m(t_r) = \varphi_{CR}(T_t) - \varphi_o(t_r) \quad (4.12)$$

4.11 deki ilişkiye göre taşıyıcı fazı şu şekilde yazılabilir.

$$\varphi_{CR}(T_t) = \varphi_m(t_r) + \varphi_o(t_r) = \varphi_m(t_r) + t_r \cdot f_o \quad (4.13)$$

$$\varphi_{CR}(T_t) = N \cdot 360^\circ + \varphi_{CR}(T_t) \quad (4.14)$$

N tamsayı belirsizliği olmak üzere uydu zaman sisteminde taşıyıcı faz sinyalinin gönderilme epoku için şu eşitlik elde edilir.

$$T_t = \frac{\varphi_{CR}(T_t)}{f_{CR}} = \frac{\varphi_{CR}(T_t) + N}{f_{CR}} T_t + \frac{N}{f_{CR}} \quad (4.15)$$

Taşıyıcı faz ölçmelerinden pseudorange şu şekilde elde edilir.

$$PR_{CR} = C(t_r - T_t) \quad (4.16)$$

$$C = \frac{N}{f_{CR}} = N\lambda_{CR} \quad (4.17)$$

Belirsizlik terimi ile taşıyıcı faz ölçmesi için gözleme eşitliği

$$PR_{CR} = R + cdt_u + cdt_a + cdt_s + c \left(\frac{N}{f_{CR}} \right) + \epsilon_R \quad (4.18)$$

4.4- Matematiksel temeller

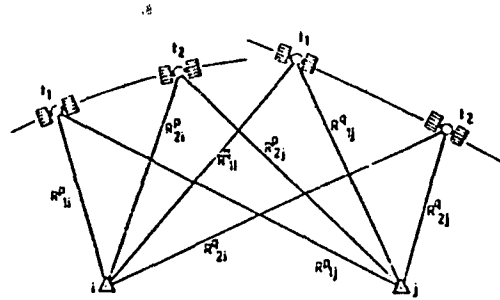
Her iki frekanstaki taşıyıcı faz ve kod faz ölçüleri pseudorangleri üretir. Bu yüzden, parametre belirleme işleminde bütün ölçülerin veya bunların lineer kombinasyonlarının kullanılması avantajı doğar. Esas olarak değişik ölçüleri birleştirmek ve türetilmiş ölçüleri oluşturmak için sınırsız sayıda ihtimal vardır. Fakat bunlardan sadece bir kısmı anlamlıdır.

Şu kombinasyonlar yapılabilir:

- Farklı istasyonlar arasındaki gözlemler arasında
- Farklı uyduların gözlemleri arasında
- Farklı epoklardaki gözlemler arasında
- Aynı tipteki gözlemler arasında
- Farklı tipteki gözlemler arasında

Farklı gözlemleri kullanmanın bir avantajı da orjinal ölçülerdeki bazı hataların farklar alındığı zaman ortadan kalkması veya azalmasıdır. Bazı durumlarda da türetilmiş ölçülerdeki belirsizlikleri çözmek, orjinal ölçülerdeki ambigütyeleri çözmekten daha kolaydır.

Uydular ve istasyonlar arasındaki ortak lineer kombinasyonlar Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Uydu ve alıcı arasındaki farklar

2 alıcı i,j

2 uydu p,q

t_1 epoku: p,q uydularının 1. konumu

t_2 epoku: p,q uydularının 2. konumu

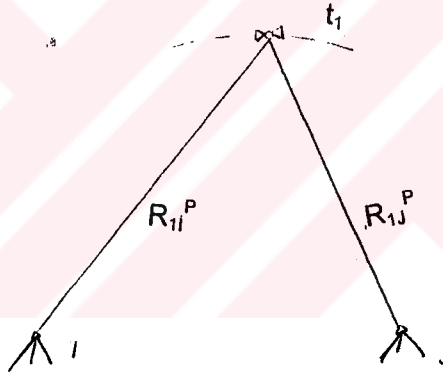
8. pseudorange ölçüsü;

$$PR_{1I}^P, PR_{2I}^P, PR_{1I}^Q, PR_{2I}^Q; PR_{1J}^P; PR_{2J}^P; PR_{1J}^Q; PR_{2J}^Q \quad (4.19)$$

Bu ölçüler hem kod hem de taşıyıcı dalga için yapılabilir.

4.4.1. Tek fark yöntemi

Tek farklar iki alıcı, iki uydu veya iki epok arasında alınabilir.



Şekil 4.4 Tek Fark Yöntemi

Alıcılar arasındaki Tek Fark Yöntemi

$\Delta(.) = (.)_{\text{receiver f}} - (.)_{\text{receiver i}}$

Uydular arasındaki Tek Fark Yöntemi

$\nabla(.) = (.)_{\text{satellite q}} - (.)_{\text{satellite p}}$

Epoklar arasındaki Tek Fark Yöntemi

$\delta(.) = (.)_{\text{epoch 2}} - (.)_{\text{epoch 1}}$

Epoklar arasındaki farklar Doppler çözüme karşılık gelir

GPS jeodezisinde genellikle istasyonlar arasında Tek Fark oluşturulur.

Ölçmeler:

$$(PR_{1I}^P - PR_{1J}^P), (PR_{2I}^P - PR_{2J}^P), (PR_{1I}^Q - PR_{1J}^Q), (PR_{2I}^Q - PR_{2J}^Q), \quad (4.20)$$

Kod fazları için ;

$$\Delta PR_{CDIJ} = \Delta XR_{IJ} + c(dt_{uj} - dt_{ui}) + c(dt_{aj} - dt_{ai}) + c(dts - dts) + \epsilon_{CD} \quad (4.21)$$

veya basitleştirilmiş gösterimle

$$\Delta PR = \Delta R + c\Delta dt_u + \Delta da + c\Delta dt_s + \varepsilon_{CD} \quad (4.22)$$

Taşıyıcı fazlar için;

$$\Delta PR_{CRij} = \Delta R_{ij} + c(dt_{uj} - dt_{ui}) + c(dt_{aj} - dt_{ai}) + c(dt_s - dt_s) + \lambda_{CR}(N_i - N_j) + \varepsilon_{\Delta CR} \quad (4.23)$$

veya

$$\Delta PR_{CR} = \Delta R_{IJ} + c\Delta dt_{uj} + c\Delta dt_{aj} + \lambda_{CR}\Delta N_{IJ} + \varepsilon_{\Delta CR} \quad (4.24)$$

veya

$$\Delta \emptyset = \Delta R + cdt_u - \Delta d_{ion} + \Delta d_{trop} + \lambda \Delta N + \varepsilon_{\emptyset} \quad (4.25)$$

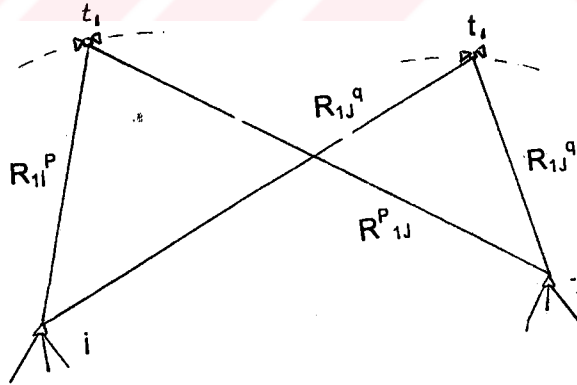
-Alıcılar arasında tek fark alınarak uydu saati hatası dt_s elimine edilir, atmosferik hata etkisi d_{ta} uzatılır. Eğer istasyonlar yakınsa $d_{ta_i} \cong d_{ta_j}$ alınabilir ve bu hata da ortadan kalkar. Aynı şey orbit hatası için de geçerlidir (SEEBER, 1993).

-Uydular arasında tek fark alınır alıcı saati hatası dt_u elimine edilir.

-Aynı uydu için iki epok arasında tek fark alınır N Belirsizlik terimi elimine edilir.

4.4.2. Çift fark yöntemi

Çift Farklar genellikle alıcılar ve uydular arasında oluşturulur. Bunlar iki istasyon single differanslarının iki uydu için farkları alınarak oluşturulur.



Şekil 4.5 Çift fark yöntemi

$$((PR_{1i}^P - PR_{1j}^P) - (PR_{1i}^Q - PR_{1j}^Q), (PR_{2i}^P - PR_{2j}^P) - (PR_{2i}^Q - PR_{2j}^Q)) \quad (4.26)$$

Taşıyıcı fazlar için gözleme eşitliği;

$$\nabla \Delta PR_{CR} = (\Delta R_{IJ}^P - \Delta R_{IJ}^Q) + c(\Delta dt_{uj} - \Delta dt_{ui}) + c(\Delta dt_{aj} - \Delta dt_{ai}) + \lambda_{CR}(\Delta N_{IJ}^P - \Delta N_{IJ}^Q) + \varepsilon_{\nabla} \quad (4.27)$$

veya

$$\nabla \Delta \emptyset = \nabla \Delta R - \nabla \Delta d_{ion} + \nabla \Delta d_{trop} + \lambda \nabla \Delta N + \varepsilon_{\emptyset} \quad (4.28)$$

Kod ölçüleri için;

$$\nabla\Delta PR = \nabla\Delta R + \nabla\Delta d_{ion} + \nabla\Delta d_{trop} + \varepsilon_{CD} \quad (4.29)$$

Çift Fark alındığı zaman öncekilere ilaveten alıcı saat terimi dtu elemine olur. Çift Fark, GPS gözlemlerin değerlendirilmesi için kurulan dengeleme modellerinin çoğunda temel ölçü alınır.

-Alıcılar ve zamanlar arasında alınan Çift Farklar N belirsizlik terimini ortadan kaldırır.

4.4.3. Üçlü fark yöntemi

Üçlü Fark yöntemi alıcılar, uydular ve zaman arasında t_1 ve t_2 epokları yine oluşturulur. Bunlar t_1 ve t_2 epokları için oluşturulan Çift Farkların farkı alınarak elde edilir. Türetilen gözleme

$$((PR_{1I}^P - PR_{1J}^P) - (PR_{1I}^Q - PR_{1J}^Q)) - ((PR_{2I}^P - PR_{2J}^P) - (PR_{2I}^Q - PR_{2J}^Q)) \quad (4.30)$$

$$\delta\nabla\Delta\phi = \delta\nabla\Delta R - \delta\nabla\Delta d_{ion} + \delta\nabla\Delta d_{trop} + \varepsilon_{res} \quad (4.31)$$

Üçlü Fark alınarak önceliklere ilaveten N ambiguity terimi elimine edilir.

Aynı tip gözlemler arasında lineer kombinasyonlar taşıyıcı fazlar arasında ve kod fazları arasında oluşturulabilir. Bu tür lineer kombinasyonların esas kullanımı iyonosferik gecikmeyi elimine etmek içindir. Bununla birlikte son yıllarda taşıyıcı fazların lineer kombinasyonu belirsizlik belirlemek için kullanılmaktadır.

L1 ve L2 taşıyıcı fazların lineer kombinasyonu n ve m integer katsayıları ile şu şekilde oluşturulur.

$$\phi_{n,m}(t) = n\phi_1(t) + m\phi_2(t) \quad (4.32)$$

$$f_{n,m} = nf_1 + mf_2 \quad (4.33)$$

$$\lambda_{nm} = \quad (4.34)$$

$$N_{nm} = nN_1 + mN_2 \quad (4.35)$$

İyonosferik etki;

$$\delta\phi_{nm,l} = -\frac{C_1}{f_1 f_2} (nf_2 - mf_1) \quad \text{ile hesaplanır.} \quad (4.36)$$

C_1 : toplam elektronların bir fonksyonu

$$\delta\tau_{n,m,l} = \frac{\delta\phi_{n,m,l}}{f_{n,m}} = -\frac{C_1 nf_2 + mf_1}{f_1 f_2 nf_1 + mf_2} = -\frac{C_1}{f_1 f_2} V_l \quad (4.37)$$

İyonosferik etki bir V_l büyütme faktörü ile karakterize edilebilir.

Sınırsız sayıdaki lineer kombinasyonlar arasında yalnızca bazıları anlamlıdır. Bunlar kombine sinyal için şu önemli kriterleri sağlayanlardır.

- Integer Belirsizlik üretmek için integer katsayılar
- Belirsizlik belirlemeye yardım etmek için büyük dalga uzunluğu
- Sınırlı ölçü noise

Çok yaygın olarak belirlenen lineer kombinasyonlar:

Geniş yol (Wide line):

$$L_{\Delta} = L_1 - L_2 \quad \lambda_{\Delta} = 86.2 \text{ cm} \quad (4.38)$$

Dar yol (Narrow line):

$$L_{\Sigma} = L_1 + L_2 \quad \lambda_{\Sigma} = 10.7 \text{ cm} \quad (4.39)$$

Iyonosferik bağımsız sinyal:

$$L_o = \frac{L_{\Delta} + L_{\Sigma}}{2} \quad \lambda_o \approx 5.4 \text{ cm} \quad (4.40)$$

Iyonosferik sinyal:

$$L_l = L_{\Sigma} - L_{\Delta} \quad \lambda_l \approx 10.7 \text{ cm} \quad (4.41)$$

Tablo 4.2 Taşıyıcı fazın lineer kombinasyonları (SEEBER, 1993)

Sinyal	n	m	λ cm	$\lambda_{1/2}$ cm	V_l	σ mm
L_1	1	0	19,0	19,0	0,779	3,0
L_2	0	1	24,4	12,2	1,283	3,9
L_{Δ}	1	-1	86,2	43,1	-1,000	19,4
L_{Σ}	1	1	10,7	5,4	1,000	2,1
L_{12}	-1	2	34,1	34,1	2,168	12,1
L_{21}	2	-1	15,6	7,8	0,457	5,5
L_{32}	3	-2	13,2	13,2	0,234	7,6
L_{43}	4	-3	11,4	5,7	0,070	9,1
L_{97}	9	-7	5,4	2,7	0,004	9,7
L_{54}	5	-4	10,1	10,1	-0,055	10,3
L_{65}	6	-5	9,0	4,5	-0,154	11,2
L_{76}	7	-6	8,2	8,2	-0,235	12,0
L_{87}	8	-7	7,5	3,8	-0,301	12,6
L_{98}	9	-8	6,9	6,9	-0,357	13,2
L_{109}	10	-9	6,4	3,2	-0,404	13,6
L_o	-	-	$\approx 5,4$	$\approx 2,7$	0,000	10,0
L_l	-	-	$\approx 10,7$	$\approx 5,4$	2,000	20,0

Wide line büyük dalga uzunluğuna sahip olduğu için belirsizlik belirlemede büyük kolaylık sağlar.

Narrow line en düşük noise sahiptir. Bu yüzden en iyi sonuçları verir.

İyonosferik etki Wide Line ve Narrow Line için aynı büyüklükte fakat ters işaretlidir. Bunların toplamı ile elde edilen yeni kombinasyon iyonosferden bağımsız sinyal adını alır.

Narrow line ve Wide line'in farkları ile oluşturulan yeni sinyal iyonosferin tüm etkisini içerir. Bu yüzden buna iyonosferik sinyal denir. Bu sinyal iyonosferik etkinin incelenmesinde ve belirsizlik belirlemede yardımcı olur.

Lineer kombinasyondan ayrıca kod fazları için de oluşturulabilir. Tablo 4.3 de kod fazı lineer kombinasyonları gösterilmiştir. C/A kodu L2 için uygun olmadığından sadece P kod ölçüleri kullanılabilmektedir(SEEGER, 1993).

Tablo 4.3 Kod faz lineer kombinasyonları

Sinyal	n	m	$-V_i$	σ (m)
C_1	1	0	-0,779	0,47
C_2	0	1	-1,283	0,47
C_Δ	1	-1	1,000	2,68
C_Σ	1	1	-1,000	0,33

4.4.4. Parametre belirleme:

Esas ölçü olan kod fazı ve taşıyıcı fazının her ikisi de alıcı anteni ve belli sayıdaki uydu arasındaki pseudorangleri verirler. Bu iki ayrı ölçü için yazılan düzeltme denklemlerindeki esas fark belirsizlik terimidir.

$$PR_{CD} = c(t_r - T_t) = R + cd_{tu} + cd_{ta} + cdt_s + \epsilon_R \quad (4.42)$$

$$PR = R + cd_{tu} + cdt_a + cd_{ts} + c \left(\frac{N}{f_{CR}} \right) + \epsilon_R \quad (4.43)$$

Belirsizlik probleminin ele alınış şekli, farklı değerlendirme kavramlarına yolaçar.

İki ana yaklaşım vardır. Bunlar:

- Parametre tahmini
- Parametre eliminasyonu

a) Bütün sistematik etkiler (biaslar) ki bunlar stabil ve iyi tanımlanmış bir yapıya sahiptir. "nuisance" veya bias parametreleri denen istasyon parametreleri ile birlikte belirlenirler. Bias parametreleri uydu yörünge düzeltmeleri, saat parametreleri, belirsizlik terimleri ve troposferik ölçek faktörü olabilir. Bu biaslar ilave ölçülerle doğrudan ölçülmüş de olabilir. (Örn: iyonosferik gecikme) yada genişletilmiş bir dengeleme modeline dahil edilirler. (Örn. troposferik ölçek faktörü) Temel ölçü olarak farkı alınmamış faz ölçüleri (zerro difference) alınır.

b) Ölçüler arasında farklar alınarak biasların çoğu elimine edilir. Bozucu terimlerin çeşitli data gruplarında lineer bağımlı oldukları kabul edilir. Belli bir dereceye kadar bu doğrudur. Mesala saat biası, yörünge biası ve belirsizlikler için. Taşıyıcı faz ölçülerinin Single, Double, ve Triple Difference'leri türetilmiş ölçü olarak kullanılır. Bu kavram esas olarak iki istasyon arasındaki bazlar için uygundur.

İki yöntemin de avantajları ve dezavantajları vardır. Birinci yaklaşımın ana avantajı esnekliği ve bütün istasyonlar için simultane gözleme ihtiyacından bağımsız olmasıdır.

Baz kavramı VLBI tecrübelerinden yararlanılarak ortaya konmuştur. (COUNSELMAN ve diğ., 1982) Bunun esas avantajı farklar alınarak gözlemlerdeki ortak hata etkilerinin çoğunun elimine edilmesidir. Bu, parametre belirlemeyi de basitleştirir. İstasyonlar arasındaki uzaklıkların büyük olduğu durumlarda iyi sonuçlar vermez. Hatta belirsizlik belirlemek imkansız bir hal alır. Ayrıca farklar alındığı zaman bağımsız gözleme sayısı önemli ölçüde azalır.

4.5. Belirsizlik'lerin Çözümü

Taşıyıcı faz ölçüleri, uydu ve alıcı antenleri arasındaki tam dalga boylarının bilinmeyen tam sayısı olan N belirsizlik teriminden etkilenir. Bu başlangıç belirsizlik uygun tekniklerle belirlenmelidir. GPS ölçülerinin değerlendirilmesindeki önemli problemlerinden birisi bu ambiguitiy belirlenmesidir. Geleneksel elektronik mesafe ölçerlerde ilave sinyal ve frkanslar kullanılarak bu belirsizlik belirlenebilir. (Kahman, FAIG, 1988) Malesef GPS ikiden fazla frkansla sahip olmadığından bu ambiguitiy problemini çözmek için özel stratejiler geliştirilmiştir. Bunlar :

- a) -Geometrik metod
- b) -Kod ve taşıyıcı faz kombinasyonları
- c) -Belirsizlik arama metodları
- d) -Kombine metodlar

4.5.1 Geometrik metod

Alıcı ve uydular arasındaki geometrik ilişkilerdeki zamana bağlı değişimleri kullanır. Genellikle sürekli faz ölçmeleri kullanılır. Belirsizlikler gerçek parametreler olarak tahmin edilir, alınır.

Doppler çözümü ile alıcının koordinatları belirlenir. Koordinatlardan bulunan uzunluklar ile belirsizlik içeren uzunluklar karşılaştırılarak belirsizlik belirlenir. Bu yöntem uzun gözlem zamanı gerektirir. Eğer alıcı, uydulardan birini veya daha fazlasını kaybeder, geriye dörtten az uydu kalırsa; yeni belirsizlik girilmelidir. Dörtten fazla uydu ile ambigüitiler bağımsız değildir.

Bu metodun avantajları:

- Açık ve basit modellenmesi
- Birkaç uydu ile çalışabilmesi
- Kısa, uzun ve çok uzun mesafeler için kullanılabilmesi
- Belirsizlik yüzme çözümü hızlı yaklaşık sonuçlar verir

Dezavantajları:

- Yeterli geometrik incelik için uzun gözleme zamanınının gerekmesi
- İyonosfer, orbit vs. gibi modellendirilmeyen etkilerden etkilenmesi
- Belirlenmeyen cycle sliplere karşı duyarlı olması

4.5.2 Kod ve taşıyıcı faz kombinasyonu :

Taşıyıcı faz belirsizlik'sini belirlemek için belirsizlikden bağımsız olan kod faz ölçüleri kullanılır. Temel düşünce, kod çözümünün noise seviyesi taşıyıcı dalganın yarı dalga uzunluğundan az oluncaya kadar kod ölçmeleri yapmaktır. Metodun uygulanması kod ölçüleri için düşük bir noise seviyesine sahip bir alıcı gerektirir. Ancak iyi bir P kod alıcısı ile gerçekleştirilir. Çözümde L1, L2 yerine 86.2. cm dalga uzunluğuna sahip Wide Line kombinasyonu kullanılır. Metod ölçü geometresinden, uydu ve alıcı saatlerinden ve atmosferik gecikmelerden tamamen bağımsızdır. Birkaç dakika hatta daha kısa bir sürede belirsizlik belirlenebilir.

Avantajları:

- Geometriden bağımsız olması
- Kinematik uygulamalara elverişli olması
- Uzun ve çok uzun bazlar için kullanılabilmesi

Dezavantajları:

- Çift frekanslı P kod alıcı gerektirmesi

- Multipath etkisine karşı duyarlı olması
- Yalnızca Wide Line belirsizlik'lerin çözülmesi

4.5.3 Belirsizlik arama metodu:

Temel düşünce L_1 , L_2 veya türetilen sinyallerin optimum ambigüti kombinasyonu aramaktır. Çok uydunun bulunması durumunda bu metod daha iyi çalışır.

Avantajları :

- Hızlı belirsizlik çözümü sağlar
- Kinematik uygulamalar için uygundur

Dezavantajları :

- Sistematik hatalara karşı duyarlıdır
- Mümkün olduğunca çok uydunun ölçülmesini gerektirir.

4.5.4 Kombine Metodlar:

Yukarıda sıralanan metodların bütün kombinasyonlarını içerir. Başka teknikler ilave edilebilir. Temel düşünce bulunan belirsizlik'nin bir sonraki iterasyonda çözümü geliştirmesidir. Özel belirsizlik'lerin çözümü için tek yol değildir. Ayrıca farklı belirsizlik'lerin Wide Line veya Narrow Line'in dalgaboyu etkinliği iki faktöre bağlı olarak artar.

$$L_1 = L_e - L_\Delta = 0 \quad (4.44)$$

$$\lambda_\Delta \approx 8 \lambda_e \quad (4.45)$$

Tablo 4.5 Etkili dalgaboyu faktörleri SEEGER, 1993)

Sabit Sinyal⇒ Serbest Sinyal⇓	L_1	L_2	L_Δ	L_Σ	L_{54}	L_{43}	L_I	L_0
L_1	-	1	1	1	4	3	9	7
L_2	1	-	1	1	5	4	7	9
L_Δ	1	1	-	2	1	1	2	2
L_Σ	1	1	2	-	9	7	16	16
L_{54}	4	5	1	9	-	1	17	1
L_{43}	3	4	1	7	1	-	15	1
L_I	9	7	2	16	17	15	-	32
L_0	7	9	2	16	1	1	32	-

Eğer belirlenen sinyalin belirsizliksi biliniyorsa belirsizliksi belirlenmeyen serbest "free" sinyalin etkin dalgaboyu verilen faktörle artar. Kısa bazlarda çoğu

durumlarda belirsizliklerin çözümü uzun bazlardaki belirsizlik çözümünden daha kolaydır.

Kinematik ölçmeler için giriş faz belirsizliğini hızlı belirlemek için bazı özel metodlar geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi anten kaydırma tekniği "antenna swapping technique" dir. Kinematik ölçüye başlamadan önce çok kısa iki baz noktasındaki antenler değiştirilir.

Belirsizlik çözümü, hassas GPS ölçmeleri için bir anahtar faktörüdür. İstasyonlar arası mesafe küçük, data kalitesi iyi ise belirsizlik çözümü yapımcılar tarafından sağlanan softwarelerde rutin olarak başarıyla çalışır.

- İstasyonlar arası uzaklıklar büyük (≥ 10 km) ve yüksek incelik gerekli ise.
- Data kalitesi zayıfsa (multipath, cycle clips)
- Yalnızca birkaç uydu mevcutsa (≤ 4)
- İyonosfer aktifse
- Ölçme süresi kısa ise (≤ 30 dakika)

belirsizlik çözümünde problemler ortaya çıkar. Bu durumda çok amaçlı bir GPS dengeleme programı gerekebilir.

4.6. Hata Kaynakları

GPS sinyalleri uydulardan yeryüzündeki alıcılara gelirken birtakım bozucu kuvvetlerin etkisi altında kalırlar. Bu etkiler nedeni ile GPS ölçülerinde sistematik hatalar oluşur. Bu hataların en önemlileri ve giderilmeleri kısaca açıklanacaktır.

4.6.1. Faz sıçramaları

Ölçüler devam ederken alıcı, uydu sinyalinin faz bağlantısını kaybederse faz sıçramaları ortaya çıkar. Faz sıçramalarının sebepleri şunlardır:

Ölçmelere bağımlı sebepler :

- Özellikle kinematik ölçülerde engeller.
- Özellikle multipath ve iyonosfer hareketlerinin doğurduğu sinyal noisi
- Alçak uydu yükseklik açısı (düşük sinyal gücüne yolaçar)

Alıcıya bağımlı sebepler:

- Zayıf sinyaller (kısmen sinyal girişimleri ile etkili olurlar)
- Kinematik uygulamalarda anten eğimi
- Sinyal değerlendirmesinin neden olduğu sebepler.

Taşıyıcı faz, kesirli kısmı aynı kalırken tam dalga boyunun integer sayıları şeklinde ani sıçramalar gösterir. Bu sıçrama birkaç cycle veya milyonlarca olabilir.

Cycle slip ya datalardan ilk işlem aşamasında çıkarılır veya belirli pseudorangeler için yeni belirsizlikler belirlenmelidir. Eğer Double and Triple Difference'ler oluşturulmuşsa cycle slip kolaylıkla hesaplanabilir.

Tablo 4.6 Faz Sıçramalarının Tek, Çift ve Üçlü Farklar Üzerindeki Etkisi

Taşıyıcı Fazlar			
$\phi_i^p(t-2)$	$\phi_i^p(t-2)$	$\phi_i^q(t-2)$	$\phi_i^q(t-2)$
$\phi_i^p(t-1)$	$\phi_i^p(t-1)$	$\phi_i^q(t-1)$	$\phi_i^q(t-2)$
$\phi_i^p(t)$	$\phi_i^p(t) + SL$	$\phi_i^q(t)$	$\phi_i^q(t-2)$
$\phi_i^p(t+1)$	$\phi_i^p(t+1) + SL$	$\phi_i^q(t+1)$	$\phi_i^q(t-2)$
$\phi_i^p(t+2)$	$\phi_i^p(t+2) + SL$	$\phi_i^q(t+2)$	$\phi_i^q(t-2)$
Tek Fark			
$\Delta\phi_{ij}^p(t-2)$		$\Delta\phi_{ij}^q(t-2)$	
$\Delta\phi_{ij}^p(t-1)$		$\Delta\phi_{ij}^q(t-1)$	
$\Delta\phi_{ij}^p(t)$		$\Delta\phi_{ij}^q(t)$	
$\Delta\phi_{ij}^p(t+1) + SL$		$\Delta\phi_{ij}^q(t+1)$	
$\Delta\phi_{ij}^p(t+2) + SL$		$\Delta\phi_{ij}^q(t+2)$	
Çift Farks		Triple Differences	
$\nabla\Delta\phi_{ij}^{pq}(t-2)$			
$\nabla\Delta\phi_{ij}^{pq}(t-2)$		$\delta\nabla\Delta\phi_{ij}^{pq}(t-1, t-2)$	
$\nabla\Delta\phi_{ij}^{pq}(t-2)$		$\delta\nabla\Delta\phi_{ij}^{pq}(t, t-1) - SL$	
$\nabla\Delta\phi_{ij}^{pq}(t-2)$		$\delta\nabla\Delta\phi_{ij}^{pq}(t+1, t)$	
$\nabla\Delta\phi_{ij}^{pq}(t-2)$		$\delta\nabla\Delta\phi_{ij}^{pq}(t+2, t+1)$	

"Cycle slip detection" ve "cycle slip repair" diye iki yaklaşım sözkonusudur.

Çoğu modern alıcılar algoritmaları oluşturarak cycle sliplerin çoğunu veya hepsini belirlerler. Bu belirlemeler data hazırlama için çok yararlıdır. Muhtemelen yeni alıcılar cycle silipleri datalardan uzaklaştırıcı özellikte olacaklardır.

Literatürde birkaç metod tartışılmakta olup bunlar arasındaki ana farklılıklar şunlardır:

- Geçerli data setleri (tek veya çift frekanslı P kod)
- Geçerli başlangıç bilgileri (istasyon koordinatları, uydu koordinatları)
- Ölçme çeşidi (statik veya kinematik)

Cycle slipleri belirlemek için aşağıdaki metodlar uygulanır:

- Double diferanceler ve hesaplanan uzunlukların analizine dayanan metodlar
- İyonosferik residuallerin analizine dayanan metodlar

- Kod / taşıyıcı kombinasyonların analizine dayanan metodlar
- Kinematik uygulamalarda kullanılan metodlar.

4.6.2. Uydu kümeleri geometrisi

Uydu kümeleri geometrisinin etkisi literatürde, Duyarlılığın Bozukluğu (Dilution of Precision DOP) olarak tanımlanır.

$$DOP = \sigma / \sigma_r \quad (4.46)$$

σ : Konum hasasiyeti

σ_r : Ölçü hassasiyeti

Yukarıdaki ifadeden anlaşılabileceği gibi DOP değerinin mümkün olduğu kadar küçük olması arzu edilir. Uygulamada DOP'un farklı bileşenleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

VDOP = Duyarlılığın düşey bozukluğu (Vertical Dilution of Precision)

HDOP = Duyarlılığın yatay bozukluğu (Horizontal Dilution of Precision)

PDOP = Duyarlılığın konum bozukluğu (Positional 3D Dilution of Precision)

TDOP = Duyarlılığın zaman bozukluğu (Time Dilution of Precision)

GDOP = Duyarlılığın Geometrik- Konum ve Zaman-Bozukluğu (Geometrical- Positional and Time- Dilution of Precision)

RDOP = Duyarlılığın Rölatif Bozukluğu (Relative Dilution of Precision)

$\sigma_H = HDOP \cdot \sigma_r$. Yatay konum için

$\sigma_v = VDOP \cdot \sigma_r$ Düşey konum için

$\sigma_p = PDOP \cdot \sigma_r$ 3D. konum için

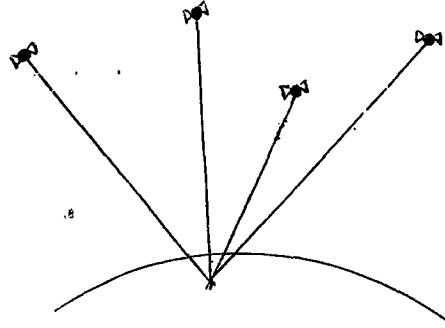
$\sigma_r = TDOP \cdot \sigma_r$ Zaman belirleme için

$$GDOP = \sqrt{(PDOP)^2 + (TDOP)^2} \quad (4.47)$$

PDOP kullanıcı ve uyduların konumundan oluşan dörtyüzlünün hacmini verir.

$$PDOP = \frac{1}{v} \quad (4.48)$$

Şekil 4.6 Uydu geometrisi ve PDOP'u göstermektedir. Burada hacmin maksimum ve PDOP'un minimum olduğu durum en iyi geometrik durumu verir.



Şekil 4.6 Uydu geometrisi ve PDOP

4.6.3. Atmosferik Etkiler:

GPS sisteminin işleyebilmesi için uydudan gönderilen sinyallerin yeryüzeyinde bulunan antenlere ve alıcılara ulaşması gerekmektedir. GPS sinyalinin geçtiği troposfer (0-40km.) ve iyonosfer (40-100km.) tüm frekanslardaki elektromanyetik radyasyonu etkiler. Sonuç bu ortamlardan geçen sinyallerin zaman gecikmesi ile bağlantılı ışınların refraksiyonu veya bükülmesidir. (LEICK, 1990) Troposfer ise dağıtmaya meyilli (Dispersive) bir ortam gibi davranır. Troposfer'in yayılma gecikmesi zenitimizde yaklaşık 1,9-2,5 m. mertebesine ulaşır. Zenit açısı ile doğru orantılı olarak 75°'lik zenit açısında 7,3 - 9,7 m. mertebesine ulaşır. Toplam troposfer refraksiyonunun %90'ının sebebi kuru kısımdır. Yer yüzündeki sıcaklık ve basınç ölçülerini kullanarak % 95 - % 98 duyarlılıkla modellenenebilir. Sonuç olarak da 75°'ye kadar olan zenit mesafelerinde hata da 0,1m. ile 0,45m. arasında olur. Bununla birlikte troposfer refraksiyonunun % 10'unu oluşturan yağış kısmı oldukça baş ağrııcıdır.

4.6.3.1. İyonosfer refraksiyonu

İyonosfer etkisi, toplam elektron mevcudiyeti (Total Electron Content TEC) ile orantılıdır. Yani uydudan alıcıya kadar olan yol boyunca mevcut elektronların toplamıyla orantılıdır. Zamana ve uzaydaki yere göre değişen TEC aşağıdaki değişkenlerin bir fonksiyonudur.

- Güneş iyon akışı
- Manyetik hareketler

- Güneş lekesi değişim periyodu
- Mevsim
- Günün saati
- Alıcının yeri ve bakış doğrultusu.

İyonosfere ait zaman gecikmesi için kullanılan birinci derece eşitlik ;

$$Z_{ion} = (40,3/c.f^2) \emptyset + 2.derece \text{ terimler} \quad (4.49)$$

Burada:

f = Herz olarak sinyalin frekansı

$\emptyset = 1m^3$ teki toplam elektron

İyonosferin neden olduğu baz hatasının geceleyin 0,5 ppm ve öğleyin 2 ppm civarında olduğu ampirik olarak bulunmuştur. Ölçü noktasının boylamı, ölçü günü, ölçümün yapıldığı mevsim ve güneş lekelerinin aktivitesi gibi nedenler iyonosfer refraksiyonunda önemli etkenlerdir. Gece yapılan ölçülerde iyonosferin etkisi gündüz yapılan ölçülere nazaran daha azdır.

"Dalgaların yayılma hızı kullanılan frekansa bağlıdır" düşüncesinden yola çıkılarak iyonosferin etkisinin çözümü için çift frekanslı alıcılar kullanılır. Spilker ve Clynch'e göre uydudan gönderilen bir sinyalin GPS aletine ulaşım süresi:

$$S = \frac{s}{c} + \frac{A}{f^2} + \frac{B}{f^3} \quad (4.50)$$

formülü ile verilir. Formülde ;

s = Uydu-Ölçüm noktası uzunluğu

c = Boşluktaki ışık hızı

A, B = Sabit katsayılar

f = Taşıyıcı frekans anlamındadır.

ikinci dereceden daha büyük terimler gözönünde bulundurulmaz ise değişik frekanslı iki sinyalin hedefe varış süreleri arasındaki fark

$$\Delta S = \frac{A}{(f_1)^2} - \frac{B}{(f_2)^2} = \frac{A}{(f_1)^2} \cdot \frac{(f_2)^2 - (f_1)^2}{(f_2)^2} \quad (4.51)$$

şeklindedir.

Çift frekanslı aletlerde ölçülen zaman farkı yardımıyla formüldeki "A" katsayısı, dolayısı ile sinyalin ulaşım süresinde uğradığı gecikme hesaplanır. Ölçülere iyonosferik düzeltme getirildikten sonra kalan iyonosfer hatası cm. büyüklüğündedir.

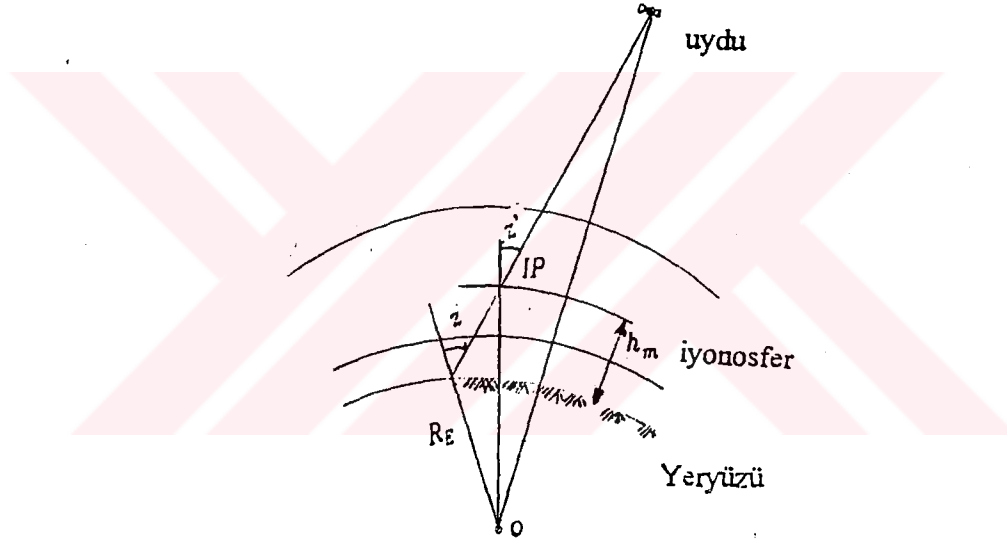
Ölçülen bir sinyalin fazından iyonosfer etkisinin çıkartılması ise şöyledir. (KING ve diğ.).

$$\phi_c = \phi_1 - \frac{R \cdot (\phi_2 - R \cdot \phi_1)}{(1 - R^2)} \quad (4.52)$$

ϕ_1 ve ϕ_2 : f_1 ve f_2 refraksiyonların fazlarıdır

R : f_1/f_2 dir.

Eğer tek frekanslı bir aletle ölçü yapılıyorsa, basit iyonosfer katmanı maddeleriyle iyonosfer refraksiyonunu da hesaplamak mümkündür. Bu maddelerde serbest elektronların miktarından yola çıkılır. Tüm serbest elektronların 300 km uzunluğundaki bir katmanda bulunduğu elektronların yoğunluğunun tüm katmanda aynı olduğu ve ölçü esnasında değişmediği varsayımı ile oluşturulan modelde faz ölçülerinden elde edilen kenarlara aşağıda olduğu gibi bir düzeltme getirilir



Şekil 4.7 İyonosferik kırılma
(Hoffman-Wellenhof ve diğerleri 1992)

$$dr = - \frac{q_1}{f^2} \cdot \frac{E}{\cos Z} \quad (4.53)$$

Formülde;

dr ; Kenara getirilen düzeltme. (m)

f ; Taşıyıcı frekans

q_1 ; Uydunun iyonosferindeki zenit açısı

E ; İyonosferin $1m^3$ 'ündeki elektron miktarını verir

$$\sin Z = \frac{R_e}{(R_e + H) \cdot \sin Z} \quad (4.54)$$

Formülde,

R_e : Yerkürenin yarıçapı

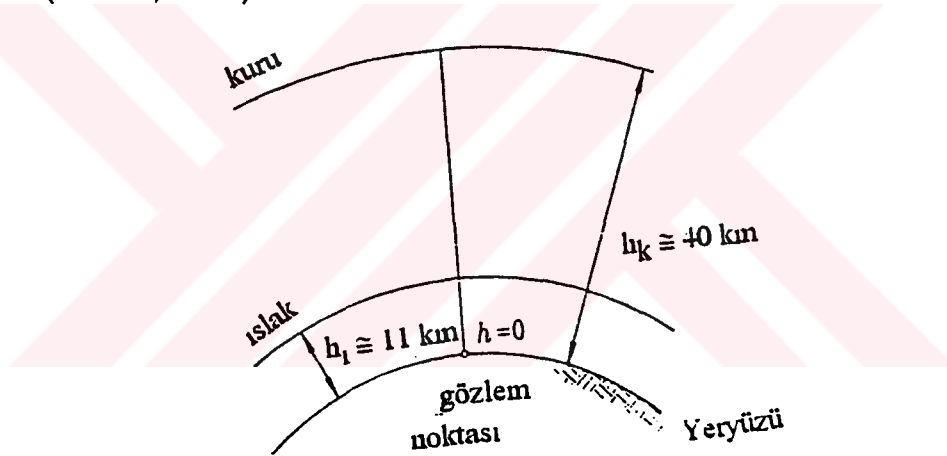
H : İyonosfer katmanının yüksekliği

Z : Gözlemcinin yüksekliğindeki zenit açısı

4.6.3.2 Troposfer refraksiyonu:

Dalgaların yayılma hızı iyonosferin aksine troposferde frekansa bağlı değildir.

Dünya yüzeyinden itibaren 40 km lik katmanı troposfer kaplar. Troposferin iki katmanı vardır. Bunlar troposferin %90 nını oluşturan kuru ve %10 nu oluşturan ıslak kısımdır. Kuru kısmı yüzey meteorolojisi verisi ile kolayca modellendirilir. Ama ıslak bileşen atmosferdeki su buharı dağılımına göre değişir ve sadece yüzey ölçmelerini kullanarak modellendirmek zordur. Islak bileşeni belirlemek için radyo frekansları kullanılır. (MEKİK, 1993)



Şekil 4.8 Troposferin katmanları(Hofmann-Wellenhof ve diğerleri, 1992)

Radyo frekansları için basınç, kuru ve ıslak sıcaklık yardımıyla refraksiyon indeksi Smith ve Weintraub'a göre

$$(n-1) 10^6 = \frac{77,6}{T} \cdot \left(P + \frac{4810 \cdot e}{T} \right) \quad (4.55)$$

formülü ile hesaplanır. Formülde;

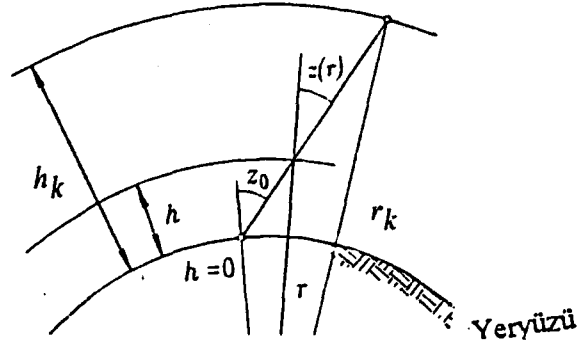
T = Kuru sıcaklık (Kelvin)

e = Havadaki su buhar basıncı (m bar).

P = Basınç (m bar).

anlamındadır. Bulunan indeks değeri sadece ölçü yapılan yer için geçerlidir. Bu nedenle pratik çalışmalardan elde edilen tecrübeler ışığında çeşitli troposfer

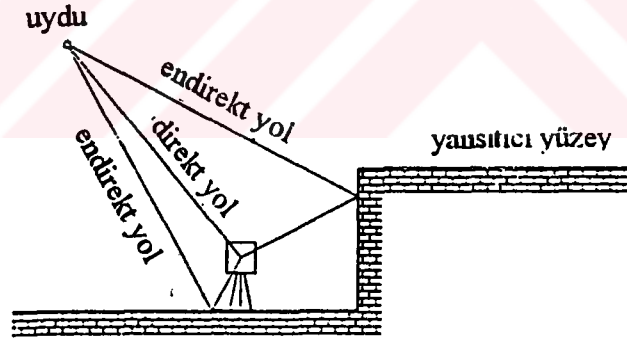
refraksiyon modelleri oluřturmuřtur. Uydu jeodizisinde en çok ilgi gören modeller Saastamoinen ve Hopfield'e aittir.



şekil 4.9 Troposferik kırılma (Hofmann-Wellenhof ve diğerkleri, 1992)

4.6.4. Sinyal yansımaları

Bir veya birkaç yansıyan sinyal direk sinyalle birlikte alıcı antenine ulaşırsa buna sinyal yansıması denir. Caddeler, binalar, su yolları gibi yüzeylerden yatay, dūřey ve eğik yansımalar olabilir. Ölçüler yapılırken multipath etkisi gözönünde bulundurulmalıdır.



şekil 4.10 Multipath (Hofmann- Wellenhof ve diğerkleri, 1992)

Multipath yayılma kod ve taşıyıcı faz ölçmelerinin ikisini de etkiler. Multipath etkisiyle birçok cyle slip oluşur. Multipath etkisi P kod alıcıları ile hassas ve hızlı ölçmelerde gözönünde bulundurulmalıdır.

Multipath etkisi taşıyıcı faz ölçülerinde de faz kaymalarına neden olur ki mesafe ölçmelerinde birkaç cm lik periyodik bias belirsizliklerine neden olur. Multipath etkisi konum belirlemede ölçü süresini uzatarak minimize edilebilir. Fakat kinematik veya hızlı statik ölçmelerde bu mümkün değildir. Bugüne kadar yapılan araştırmalar multipath etkisinin maksimum ± 15 cm olduğunu

göstermiştir.(GEORGIADOV, KLAUSBERG 1988.1990 SEEGER 1992) Bu nedenle multipath etkisinden kurtulmak önemlidir.

Kod ölçmeleri için multipath etkisi 10 ila 20 metre arasında değişir. (WELLS ve diğ. 1987 ; EVANS 1986). Kısa bazlarla iyi uydu geometrisi ile uzun periyotlar için relatif konumlama yapılırsa multipathın etkisi 1 cm de daha azdır. (COUNSELMAN 1981)

4.6.5. Anten faz merkezi kayıklığı:

Alıcı antenindeki sinyallerin alındığı noktaya anten faz merkezi denir. Bu nokta antenin fiziksel merkezi ile çakışmaz. Antenin kayıklığı uydunun yüksekliğine ve azimutuna bağlıdır. Bu hata L1 ve L2 sinyalleri için farklıdır. Anten faz merkezi hatalarından kaçınmak için uygun anten seçimi, aynı anda farklı anten kullanılmaması ve antenlerin kuzeye yönlendirilmesi önerilir. (KINIK, 1993)

Gerçek anten faz merkezi üreticinin belirttiği merkezden farklı olabilir. Antenin bu kayıklığı yanlış üretim sebebiyle olabilir.

İkinci olarak anten fazı alınan uydu sinyaline göre değişir. Bu değişim sistematiktir ve testler ile belirlenir. Sims 1- 2 cm miktarına varan değişimler bulmuştur. (SIMS, 1985) Uzaklık ölçmeleri üzerinde anten etkilerinin azimut ve yüksekliğe göre hesaplanması önerilmiştir.

4.6.6. Taşıyıcı dalga faz başlangıç belirsizliği

Bir alıcı ölçüye başladığında herhangi bir uydudan kaydedilen ilk sinyalin (başlangıç epokunun) tam dalga boyu sayısı N belli değildir. Bu sayıya belirsizlik denir. Başlangıç epokundan sonraki ölçüler için, alıcı içindeki sayaç arada geçen diğer fazları sayacağından her uydu için ayrı bir N bilinmeyen ve frekansı hesaplanır.

BÖLÜM 5. GPS ÖLÇÜLERİNİN PLANLANMASI VE ANALİZİ

5.1 Giriş

Bu bölümde, GPS ölçmelerinin pratik uygulaması, planlanması, ölçü doğruluğu ve verinin değerlendirilmesi açıklanacaktır. GPS'i kullanacak kişiler ölçülerin planlanması ile daha çok ilgileneceğinden, bu bölümde ölçülerin planlanması toplu olarak açıklanmıştır.

GPS ölçülerinin planlanması için 3 temel nokta bulunmaktadır : GPS alıcıları, GPS ağı ve ölçme teknikleri, ulaşım, arazi, operatör, vb. lojistikler. Elde mevcut GPS alıcılarına ve düşünülen GPS ölçü tekniğine göre GPS planlaması burada anlatılacaktır. Planlamanın tüm safhalarının kısa bir özeti Tablo 5.1'de verilmiştir.

5.2 Gözlem Öncesi Planlama

GPS kampanyalarının planlanmasında aşağıdaki 3 önemli faktörün göz önünde bulundurulması son derecede önemlidir.

5.2.1 Kontrol noktalarının seçimi

Ölçülecek yeni kontrol noktaları seçilmeli ve Ülke sistemindeki bağlantı noktaları (homojen olarak dağılmış 3 veya daha fazla istasyon) ile birlikte küçük ölçekli bir haritaya tersimi yapılmalıdır. Proje sahasının kenarlarında düzgün olarak dağılmış 3 veya daha fazla nivelman noktasında GPS ölçüleri alınması da bilhassa tavsiye edilir. Ayrıca yeni ve eski tüm noktaların koordinatlarının ve sözel (text) bilgilerin bilgisayara girilmesi ve yaygın bir sisteme dönüştürülerek grafik kütüğün oluşturulması yararlıdır. Grafik altlık, istenilen ölçekte çizim ve daha sonraki safhalarda kullanım açısından önemlidir. Genelde 15° 'den daha yüksekteki GPS uydularına gözlem yapılmakta olup, seçilen noktalar iyi bir gökyüzü görünümüne (sky visibility) sahip olmalı ve kolaylıkla ulaşılabilir ve sağlam mekanlar seçilmelidir. Noktalar, yüksek binalardan, görüşü, engelleyen yüksek tepelerden, yüksek gerilim hatlarından ve yansıma hatasına sebep olabilecek donanımlardan ve tesislerden uzak olmalıdır.

5.2.2 Gözlem penceresi

Günlük optimum gözlem periyodunu seçerek çalışma zamanları (yani oturumlar - sessions) planlanmalıdır. Mevcut uydulardan hareketle optimum

pencere ; eşzamanlı olarak en fazla uydunun, tercihan her bir çeyrek daireye (quadrant) yayılmış olarak, gözetlenebildiği aralığa ait penceredir. Homojen dağılım hakkında azimut-yükseklik tablolarına ve gökyüzü çizimlerini (sky plots) inceleyerek karar verilebilir.

Dikkat edilecek diğer bir nokta da uyduların sayısı ve birbirlerine göre hareketlerinin geometriyi sağlamlaştırması gerçeğidir. Bu nedenle daha iyi bir sonuç için PDOP/GDOP grafikleri hesaba katılmalıdır. Pratikte 6'nın altındaki GDOP'lar iyi kabul edilmektedir.

Son olarak, öğlen saatlerinde iyonosferdeki büyük belirsizlikler gözden kaçmamalı ve bu nedenle GPS ölçüleri (bilhassa hassas konumlamaya gereksinim hallerinde) mümkün olduğu kadar gece saatlerinde yapılmalıdır.

5.2.3 Oturumlar

Bir ölçü için seçilen belirli zaman aralığı "oturum" olarak adlandırılır. Oturumlar genellikle 4 veya daha fazla uydunun 15° yükseklik açısının üstünde olduğunda başlar ve baz uzunluğuna göre bir saatten birkaç saate kadar devam eder.

Uyduların geometrisine (DOP), sayısına, iyonosferdeki problemin derecesine ve baz uzunluğuna bağlı olarak herhangi bir GPS oturumunun uzunluğu belirlenir. Uzun gözlem periyoduna gereksinim için asıl neden, ölçü alınan uydulara ait tam sayı dalga boylarının (integer number of cycles) çözümlenmesi gereğidir. Örneğin, 1 km'den daha kısa bir baz için 5-10 dakika L1 ölçüsü almak yeterli olabilir. İyonosfer etkilerinden arındırılmış (iono free fixed) ve geniş dalga-aralığı (wide-laning) teknikleri kullanılarak L1 /L2 gözlemleri ile 30 km'ye kadar olan orta uzuluktaki bazlar hassas olarak 5-20 dakika gibi kısa bir oturumla belirlenebilmektedir.

Her bir oturumu aynı datuma göre belirleyebilmek için, en azından ağın bir noktasında tüm proje boyunca gözlem yapılmalı (radyal ölçü) veya her sonraki oturum en azından daha önce gözlem yapılan bir noktayı içermelidir (kurbağa sıçraması - leap frogging). Bu son metod ağ ölçümü (network survey) olarak da bilinmekte olup bir ağın duyarlılığını ve güvenilirliğini artırmaktadır.

5.3 Arazi İstikşafı ve Tesisler

Seçilen kontrol noktaları arazide işaretlenmeli ve yer işaretleri şartnamelere uygun olarak tesis edilmelidir. İstasyon 15° yükseklik açısı üzerinde gökyüzüne açık olmalı ve GPS sinyallerini yansıtan metal yapılardan uzak olmalıdır.

Tablo 5.1 GPS ölçülerinin planlanması

1) Arazi Öncesi Planlama**a) Nokta Seçimi**

- Noktaların seçilmesi ve küçük ölçekte çizimi
- WGS-84 sisteminde koordinatların hesaplanması ve noktaların kolay bulunması için navigasyon amaçlı GPS alıcılarına girilmesi

b) Gözlem Penceresi: Çalışma için mümkün olan en uygun zamanın seçilmesi

- Uydu sayısı, doğuş-batış zamanı, yükseklik ve azimut açıları
- Dört çeyrek daireye dağılımı
- Nokta üzerinde sinyalleri engelleyen cisim olup olmadığı
- Uyduların uzaydaki dağılımı
- Uydu geometrisi (PDOP<6)
- Öğle saatlerindeki büyük iyonosferik belirsizliklere karşı önceden tedbir almak

c) Oturumlar

- Gözlem periyodu ve kofaktörler matrisini gözönüne alarak simülasyon
- Statik ölçmeler için 3 veya daha fazla uydunun gerekliliği
- Kinematik ölçmeler için 5 veya daha fazla uydunun gerekliliği

2) Arazi istikşafı Ve Tesis

a) 15° ' lik yükseklik açısı üzerinde sinyal gelişini etkileyecek cisimlerden arındırılmış olarak seçilen noktaların işaretlenmesi ve tesisi

b) Multipath' e neden olacak metal yapı ve benzeri etkilere karşı önceden önlem almak

3) GPS Ağı Ve Organizasyon

a) Mevcut olan alıcılara, bağımsız ölçülere bağlı olarak oturumların kaç gün, kaç hafta olacağı ve kaç vektör ölçüleceğini bir yazılım kullanarak belirlemek

b) Daha iyi duyarlık ve uygun kontrol elde etmek için kapalı geometrik şekillerle lupların kapatılması

c) Kinematik ölçüler radyal şekilde ölçülür. Fazla ölçü sayısı yoktur. Bu nedenle çözüm için teorik olarak bir noktanın sabit alınması yeterli olmasına rağmen, iki noktanın sabit alınması tavsiye edilir.

d) GPS ağını ulusal datuma bağlamak için, ulusal ağda mevcut en az 3 yatay ve 3 düşey kontrol noktasında GPS ölçülerinin yapılması gerekir. Mevcut noktaların ağı çevreliyecek şekilde dağılmış olması gerekir

5.4 GPS Gözlemlerinin Planlanması

Eğer m = ağıdaki istasyon sayısı, n = her bir istasyondaki bağımsız gözlem sayısı ve r = alıcı sayısı ise başlangıçta önerilebilecek minimum sayıdaki oturum aşağıdaki ifadeden hesaplanabilir:

$$i = m n / r \quad (5.1)$$

Proje için programlanan gerçek sayıdaki gözlem oturumlarının formülü ise,

$$s = m n / r + m n (p-1)/r + k m \quad (5.2)$$

dir. Burada, p ve k karşılıklı olarak üretim ve güvenlik faktörleridir.

Eğer d , her bir çalışma günü için programlanan gözlem oturumlarını ve y ise her hafta içinde programlanan gözlem günlerini gösteriyorsa, o zaman projenin tümü için hesaplanan gözlem günlerinin x ve haftalarının w sayısı aşağıdaki eşitliklerden hesaplanabilir.

$$x = s / d \quad (5.3)$$

$$w = x/y = s / (d y) \quad (5.4)$$

son olarak, projeye ait tahmini tüm vektörler v ve bağımsız vektörler b de hesaplanabilir. EREN VE UZEL(1985)

$$v = r (r-1) s / 2 \quad (5.5)$$

$$b = (r-1) s \quad (5.6)$$

5.5 Ölçme İşlemleri

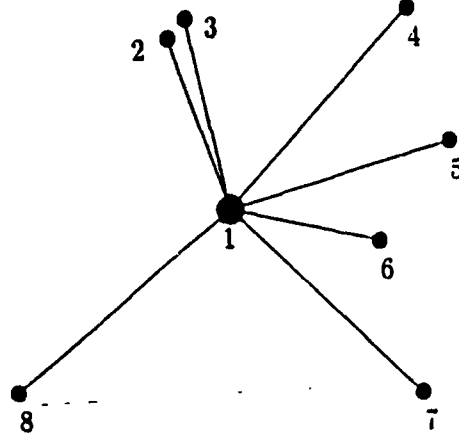
GPS alıcılarının kullanılması için nitelikli elemanlara pek gereksinim yoktur. İşlem, sadece alıcıların yer işaretlerinin üstüne uygun şekilde kurulması ve daha sonra çalıştırılmasıdır. İstasyon numarasının ve anten yüksekliğinin doğrudan gözlem sırasında girilmesi uygun olup bilhassa önerilmektedir.

Ölçme işlemlerine başlamadan önce ne duyarlıkta ve ne tür bir ağ kurulacağına karar vermek gerekir. Tüm Ülkelerdeki uygulamalarda yaygın olarak kullanılan 2 tür temel GPS ağının varlığından bahsedebiliriz :

5.5.1 Radyal ağ

Şekil 5.1'de görülebileceği gibi radyal ağ, sabit bir istasyondaki (1 nolu nokta) alıcı ile diğer noktalardaki (2, 3, ... , 8) Alıcılar arsındaki radyal gözlemlerden oluşur. Bu türden ölçülerin planlanması için teknik ve geometrik bir sınırlama yoktur. Yalnız, birbirine çok yakın olan kontrol noktaları (Örneğin ; 2 ve 3 nolu istasyonlar)

doğrudan birbirine bağlanmalıdır. Genelde, kinematik ölçüler radyal ölçülerdir ve pseudo kinematik/statik ölçülerin çoğu da radyal modda ölçülürler.



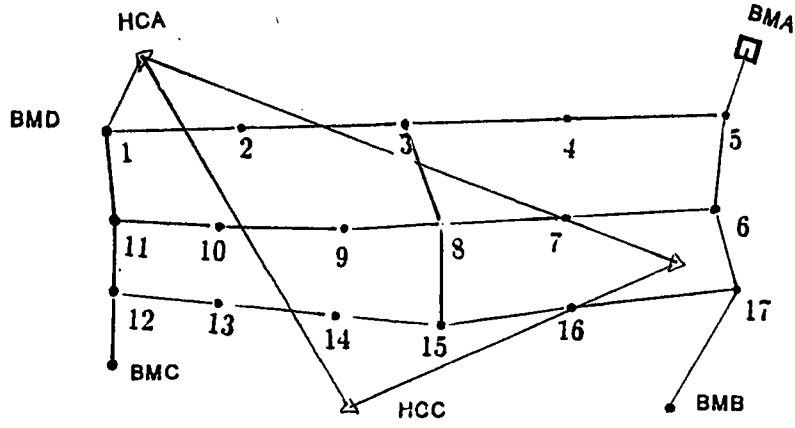
Şekil 5.1 Radyal Ölçü (HOFMANN vd., 1992)

5.5.2 Kapalı geometrik ağ

Daha yüksek duyarlığa erişmek ve belirlenen konumları uygun bir şekilde kontrol edebilmek için kapalı lüplara olanak veren kapalı geometrik şekiller oluşturulmalıdır. Tercih edilen gözlem düzeni oturumlar arasındaki bitişik istasyonlarda birbirinin ardından ölçü almak (yani bu noktalarda 2 kez ölçü yapılıyor) ve şekil etrafında zincir veya poligon oluşturmaktır (kurbağa sıçraması - leap frogging). Şekil 5.2, 18 yeni noktadan, 3 mevcut yatay kontrol istasyonundan (HCA, HCB, HCC) ve 4 adet de yine mevcut nivelman istasyonundan (BMA, BMB, BMC, BMD) oluşan tipik bir ağı göstermektedir

Genelde, amaç öyle bir ölçü düzeni oluşturmak olmalı ki, mümkün olduğu kadar çok sayıda bitişik istasyonlar doğrudan bağlansın ve bazların çok küçük açılarla kestirmesi önlensin 90° civarındaki kestirmeler, kesişen bazların hatalarından dolayı ortaya çıkan, konum hatasını minimum düzeyde tutmaktadır.

Sonuçları ülkede kullanılan datuma indirgeyebilmek için 3 veya daha fazla mevcut yatay kontrol ve yine 3 veya daha çok nivelman noktasına bağlantı gözlemleri yapılmalıdır. Mevcut kontrol noktalarını test etmek ve daha duyarlı transformasyon parametreleri belirlemek amacıyla, bu kontrol noktaları arasında doğrudan ölçü yapmakta yarar vardır. Düşey kontrole bağlantılar normal olarak en yakın GPS noktasından nivelman noktasına gözlemlerle yapılır.



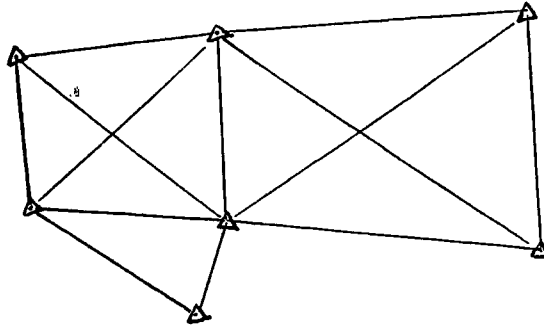
Şekil 5.2 Kapalı geometrik ağ (Hofmann v.d., 92)

5.6 Ölçme Yöntemleri

GPS ölçüleri ile konum belirleme için kullanılan birkaç teknik vardır. Kullanıcılar eldeki alıcılara, istenilen duyarlık derecesine, finansmana ve zamana göre bu yöntemlerden birisini, ve/veya birkaçının kombinasyonunu seçer. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın GPS planlamasını dikkatlice yapmak ve araziye tam tekml gitmek oldukça önemlidir.

5.6.1 Statik ölçü

Sabit bir istasyonda genellikle 15 saniye ile 120 saniye arasında değişen aralıklarda statik modda bir saatten birkaç saate kadar GPS ölçüleri alınır. Sadece bir istasyondaki ölçülerin değerlendirilmesiyle (genellikle pseudorange ölçülerinden) konum belirlemeye statik nokta konum belirlemesi (static point positioning) adı verilmektedir. Bu yaklaşımda, efemerise ve gözlem süresine bağlı olarak 0.5 - 10 m arasında bir duyarlıkla 3-boylutlu mutlak konum belirlemek mümkündür.



Şekil 5.3 Statik Ölçü Yöntemi

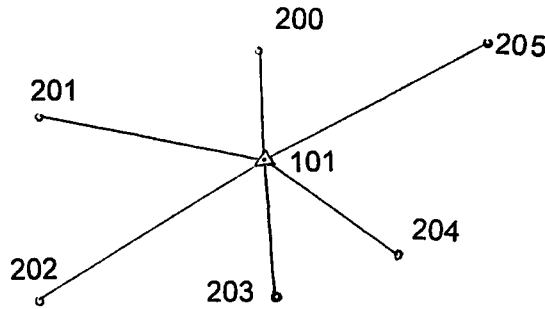
Çok yüksek duyarlık gerektiğinde iki veya daha fazla noktada eşzamanlı olarak aynı uydulardan derlenen statik GPS ölçüleri rölatif olarak değerlendirilirler.

Bu yaklaşım sayesinde uydu alıcı saatlerinin ve atmosferik belirsizliklerinin etkilerini (genellikle sistematik) çok küçük mertebelere indirmek ve sonuçta her türlü baz uzunluğunda 0. 1 - 10 ppm (yani 10^{-7} - 10^{-5}) civarında duyarlıkları rutin olarak elde etmek olanaklıdır.

Hatta hassas efemeris, güçlü yazılımlar ve atmosferik ölçülerin (buhar basıncı dahil) kullanımı ile 0.01 ppm (yani 100 km'de 1 mm duyarlık) seviyesinde duyarlık elde etmek de olanaklıdır. Statik ölçü yöntemine bir örnek Şekil 5.3'de verilmiştir. Statik GPS ölçüleri öncesinde, özel hazırlanmış formlar kullanılarak bir GPS ölçü Tablosu hazırlanmasında yarar vardır. Ayrıca, her GPS istasyonunda statik ölçüler için arazi ölçü karneleri hazırlanmalıdır.

5.6.2 Hızlı statik ölçü

Çift frekanslı alıcılarla gözlem gerektiren hızlı statik teknik, bir çeşit statik/kinematik teknik olarak düşünülebilir. Burada alıcılardan birisi koordinatı bilinen sabit bir noktada sürekli gözlem alırken diğer alıcı yeni noktalarda 5-30 dakika sürelerle gözlem yapmaktadır. Her yeni noktadaki gözlemler referans istasyonundaki gözlemlerle ayrı ayrı değerlendirilir. Bu nedenle hareketli alıcı sadece yeni noktalar arasında ölçü derleme durumundadır. 101 nolu istasyon burada referans noktası ve hareket halindeki alıcının gözlem yaptığı 200, 201, 202, 203 ve 204 noktaları da yeni GPS istasyonlarıdır. Hızlı statik teknik, baz uzunluğuna, uydu sayısına ve uydu geometrisine bağlı olarak yaklaşık 5-20 dakikalık eşzamanlı ölçülerle 20 km'den daha kısa bazların 1-2 ppm duyarlıkla elde edilmesine olanak vermektedir. Bu teknik her iki frekansa ait (yani L1 ve L2) kod ve taşıyıcı faz ölçülerini gerektirmekte ve tüm bu bilgileri kullanarak tamsayı belirsizliklerini (tamsayı belirsizliği) çözebilmektedir.



Şekil 5.4 Hızlı statik ölçü yöntemi

P-Kodunun gizliliği durumunda, kareleme yöntemi (squaring) yerine kod-korelasyonunu kullanmanın aşağıdaki avantajları önceki bölümlerde verildiği gibi

- Daha güçlü sinyal

- Yarım dalga boyu yerine tam dalga boyu taşıyıcı faz ölçüleri gibi

avantajları vardır. Ayrıca, L1 ve L2 taşıyıcılarında, tam dalga boyunu gözönünde bulundurmakta da fevkalade önemli avantajlar vardır. İlave olarak, her iki frekansta da P-kod ölçülmesi jeodezik ölçümlerde en yüksek duyarlılığı mümkün kılmaktadır. Her iki P-kod'un ölçülmesindeki diğer bir avantaj da wide lane gözlemleri kullanarak faz sıçramalarının hemen giderilebilmesidir. En kolay düzeltilebilir tamsayı belirsizliği aşağıda verilen ifadedeki "wide-lane" faz belirsizliğidir (GPS WORLD, 1992),

Tablo 5.2 15 - 20 km baz uzunluğu için bir örnek

<u>Uydu Sayısı</u>	<u>Ölçü Süresi (dakika)</u>
4	20 -
5	10 - 20
6+	5 - 10

Gerçekte ölçü süresi baz uzunluğu ile de doğru orantılıdır ve yukarıdaki tabloya baz uzunluğu bağımlılığı da katılmalıdır.

5.6.3 Tekrarlı GPS yöntemleri

Bu yöntem statik ile kinematik yöntem arasında bir teknik olarak düşünülebilir. Bir alıcı referans noktasında (base receiver) sürekli gözlem yaparken diğer alıcılar hareket halinde olup her yeni noktada, herbiri yaklaşık 10 dakika olmak üzere en az 2 kez gözlem yapar. Tamsayı belirsizliğin (tamsayı belirsizliği) çözümünü kolaylaştırması nedeniyle, aynı noktaya ait her yeni gözlem bir öncekine göre 1 saatten 4 saat sonrasına kadar olan süre içinde yapılmalıdır. Alıcı hareket halindeyken alıcının açık olması ve gözlem yapması zorunluluğu yoktur.

Daha önceki yöntemlerde olduğu gibi, daha duyarlı sonuçlar elde edebilmek ve faz sıçramalarını en aza indirmek için PDOP değerlerinin yaklaşık 7'den küçük olduğu zaman aralıkları seçilmelidir. Bu yöntemle kısa bazlarda (≤ 10 km) 1-2 ppm mertebesinde incelik elde edilebilmektedir.

Tekrarlı ölçü yöntemi oldukça değişik kombinasyonlarda gerçekleştirilebilir. Bunlar, birden fazla referans istasyonu, birden fazla hareketli alıcı, değişik geometrik şekiller yaygın olarak kullanılır. Bu yöntemde bir alıcı bilinen noktada sürekli gözlem yaparken hareketli alıcı yeni noktaları gezer ve gözlem yapar.

Hareketli alıcı yeni noktalara 1-4 saat içerisinde tekrar uğrayıp gözlem yapar. Veya her iki alıcıda hareketli olup sabit alıcı yoktur. Referans noktasında başlayarak, her defasında bir alıcı dururken diğer alıcı atlamalı olarak yer değiştirir ve sonuçta birbiri ardından tüm komşu bazlar (en az 2 kez olmak kaydıyla) ölçülür.

5.6.4 Kinematik GPS yöntemleri

Her türlü GPS alıcıları, kodlar ölçen navigasyon amaçlı alıcılar veya taşıyıcı fazlar ölçen jeodezik alıcılar, kodlara ait en az 4 uyduya yapılan uzaklık (pseudorange) ölçülerinden anlık konumu hesaplayabilirler. Buna mutlak kinematik nokta belirlemesi denir. Bunun duyarlılığı efemeris inceliğine bağlı olarak + 20 -100 m aralığında değişmektedir.

Daha önceki bölümlerde de belirtildi gibi GPS ile mutlak konum belirlemesi birkaç saatlik ölçü ve hassas efemeris ile ancak 0.5 m düzeyinde olabilmektedir. Daha duyarlı sonuçlar ancak eşzamanlı ölçülerin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilebilmektedir. Kinematik konum belirlemede de aynı şekilde hareket edilir. Alıcılardan biri koordinatı bilinen noktada sürekli gözlem yaparken hareket halindeki diğer alıcılar da anlık veya birkaç epokluk ölçü yapar. Sabit istasyondaki ölçüler ile yeni noktalardaki herbir eşzamanlı ölçü birlikte değerlendirilerek sabit noktadan yeni noktalara giden vektörler hesaplanır. Hesaplarda kodların veya taşıyıcı fazların kullanılmasına bağlı olarak duyarlılık değişmektedir. Taşıyıcı fazların kullanılması halinde bu yöntem "Hassas Kinematik GPS Yöntemi" ve kodların kullanılması halinde de "Diferansiyel GPS Yöntemi" olarak adlandırılır. Kinematik gözlemler topoğrafik ölçüler ve kontrol noktaları tesisi için yaygın olarak kullanılır.

Hassas kinematik GPS yöntemi gerçek zamanda değerlendirilip rölatif konum belirleme tarzında kullanılırsa buna Gerçek Zamanda Kinematik (RTK-Real Time Kinematik) denir.

GZK gereksinimleri, klasik kinematik ölçme ile aynıdır. Bunda da başlangıçtaki tamsayı belirsizlikleri çözümlenecek ve dört veya daha fazla ortak uyduya sürekli gözlem yapılacaktır. Sabit alıcıdan (referans noktası) gezici alıcıya veri göndermek için Veri İletişim Radyoları kullanılır. Gezici alıcı, verileri gerçek zamanda değerlendirip sabit alıcıya göre o andaki konumunu hesaplar. Hesaplar gerçek zamanda olduğu için ortak uydu sayısı dördün altına düştüğünde gezici alıcı hesabı durdurur ve operatörü uyarır. Böyle durumlarda tamsayı belirsizliklerini çözerek gözlemlere yeniden başlanır.

GZK yöntemin klasik kinematik yöntemle göre bazı üstünlükleri vardır. Bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir :

-Sonradan hesap gerektirmez.

-Tüm noktaların doğru olarak ölçülme güvencesi mevcuttur. Klasik kinematik yöntemde ortak uydu sayısı 4'ün altına inerse,veya sabit istayonda faz sıçraması olursa kinematik konum hesabı mümkün olamaz. GZK halinde bu durum anında farkedildiğinden yeni bir tamsayı çözümüyle gözlemlere devam edilebilir.

Koordinatları bilinen noktalara gayet duyarlı (cm' ler mertebesinde) navigasyon ve aplikasyon yapılabilir.

GZK sayesinde GPS alıcılarının fevkalade hızlı olarak hem de noktalar arası görüş gerektirmeksizin bir Total Station gibi kullanılabilir.

5.6.4.1 Hassas kinematik GPS yöntemi

Bu yöntemde alıcılardan biri (veya daha fazla) koordinatı bilinen noktada, kinematik modda sürekli gözlem yaparken hareket halindeki diğer alıcılar da koordinatları bilinen başka bir noktadan başlayarak herbir yeni noktada anlık veya birkaç epokluk ölçü yapılır. Başlangıçtaki bilinen baz sayesinde tamsayı belirsizlikleri (integer ambiguities) hesaplanır ve sürekli gözlem yapılması ve uydu sayısının 4'ün altına inmemesi şartıyla ilk noktadaki belirsizlik değerleri diğer noktalara da taşınır ve böylece her epoktaki tamsayı belirsizlikler de hesaplanabilir.

Sonuçta her bir epoga ait tamsayı belirsizlikleri bulunmuş olarak yeni noktalara ait çok duyarlı koordinatlar hesaplanabilir. Sabit alıcının sürekli olarak 4 veya daha fazla uyduyu kesintisiz izlediğini varsaydıktan sonra, herhangi bir nedenle (faz sıçraması, elektrik direği, yüksek yapılar, vb) gezen alıcının izlediği uydu sayısı 4 ' ün altına inerse geriye gidip gözleme tekrar bilinen bir noktadan başlama zorunluluğu vardır. Başarıyla ölçülmüş önceki kinematik noktaların da bilinen bir nokta sayılması hususuna özellikle dikkat edilmelidir. Klasik kinematik yöntemin en büyük problemlerinden birisi sabit istayondaki alıcı durumunun gezici operatör tarafından bilinmemesidir. Herhangi bir nedenle ortak uydu sayısı 4'ün altına inerse veya sabit istayonda faz sıçraması olursa kinematik konum hesabı mümkün olamaz. Teorik açıdan zorunlu olmamasına rağmen kontrol açısından hareketli alıcının en son olarak bilinen bir noktada gözlemi kapatması tercih edilir. Pratikte başlangıçtaki belirsizlik değerlerinin çözülmesi 3 şekilde mümkün olmaktadır ;

a) **Bilinen Baz (Known Baseline)** : Sabit ve gezici alıcılar, herbir bileşeni 5 cm ' den daha duyarlı olarak bilinen bir bazın iki ucuna kurulur. Sabit alıcı sürekli gözlem yaparken gezici alıcı başlangıç noktasında birkaç dakikalık ölçü aldıktan sonra uyduları izlemeye devam ederek diğer noktalara hareket eder. Bazın bilinmesi, iki uçtaki noktaların koordinatlarının bilinmesi veya bu bazda önceden statik veya hızlı statik yöntemlerle gözlemler yaparak mümkündür.

b) **Anten Değiştirme (Antenna Swap)** : Bu metodda ilk alıcının (sabit olan) anteni, konumu bilinen noktaya ve ikinci alıcının (gezici olan) anteni de 10 m'den daha kısa bir mesafede kurulur ve birkaç dakikalık (genellikle 2 dakika) ölçü alınır. Sonra ilk alıcının anteni, 2. noktaya ve ikinci alıcının anteni de ilk noktaya götürülüp yine birkaç dakika ölçü alınır. Son olarak antenleri ilk orijinal yerlerle götürülür. Nihayet gezici alıcı bilinmeyen noktalara hareket ederek gözlemlerine başlayabilir.

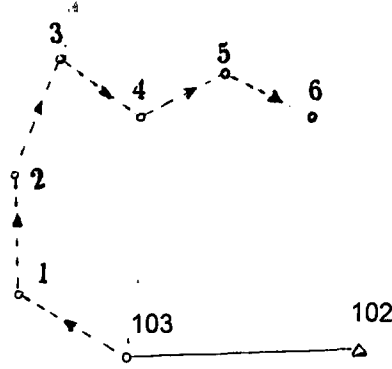
c) **GZK-Gerçek Zaman Kinematik (RTK-Real Time Kinematic) Belirleme** : GZK ölçülerini başlatmak için GZK Belirleyicisi olarak adlandırılan bir plaka mevcuttur (QUIRION, 1993). GZK belirleyicisi sabit istasyondaki sehpanın üstüne GPS anteninin altında olacak şekilde kurulur. Gezici GPS anteni ise plakanın diğer ucuna yerleştirilir. Birinci anten koordinatları bilinen bir noktada olduğundan ve antenler arasındaki mesafe ve dönüklük bilindiğinden gezici antenin relatif konumu hesaplanabilir. GZK yönteminde söz konusu mesafe ve dönüklük girilerek başlangıçtaki belirsizlik değerleri çözülür. Söz konusu çözüm Maxwell çipler kullanan çift-frekanslı alıcıların kullanılması ve güçlü algoritmalar sayesinde birkaç dakika içinde, hatta hareket halindeyken (OTF : On-the-fly) belirlenebilir.

Pratikte, hassas kinematik GPS yöntemi ilerideki kısımlarda görüleceği gibi değişik şekillerde uygulanmaktadır. Bu uygulamalarda sabit alıcı birden fazla olabilmekte ve hareketli alıcılar da olabildiğince sıklıkta bilinen noktaları ziyaret etmektedirler.

5.5.4.2 Dur ve git yöntemi

Dur ve git yöntemi kinematik ölçüler için standart yaklaşımdır. En basit anlamda, burada sürekli gözlem yapan bir referans istasyonu ve bir de bilinen bir bazdan başlayan gezen alıcı vardır. Gezicinin gözlem yaptığı ve bilinen ilk noktada faz başlangıç belirsizliklerini çözmek için 2 dakika kadar gözlem yapılır. Sonra gezici alıcı en az 4 uyduyu izlemeye devam ederek diğer noktaları sırayla gezer ve herbir

noktada 15-60 saniyelik ölçüler alır. Gerekirse, her yeni noktada anten yüksekliği ve nokta numarası girilir.

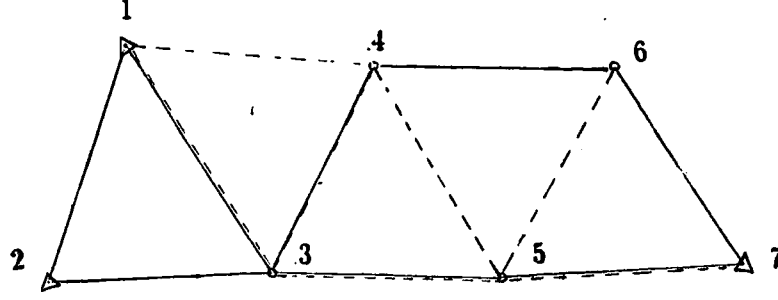


Şekil 5.5 Dur ve git ölçü yöntemi

Dur ve git yöntemine bir örnek Şekil 5.5'de verilmiştir. Sabit alıcı koordinatı bilinen 102 nolu noktaya ve gezici alıcı 103 nolu noktaya kurulduktan sonra bir dakikalık gözlem yapılır. Daha sonra gezici alıcı sırasıyla konumu belirlenecek noktalara uğrayarak her bir noktada 15-30 saniyelik ölçüler alır. Bu da 2 veya 4 epoka karşılık gelir. Bu süre sonunda ölçü durdurulur ve kayıt yapılır. Sonra bir sonraki noktaya hareket edilir. Hareket esnasında veya ölçü esnasında uydu bağlantısı kesilirse reinitilize işleminin yapılması gerekir. Yani açıktaki bir noktaya veya daha önce ölçülen bir noktaya gidilerek 2 dakika kadar gözlem yapılır. Böylece bütün detay noktalarında ölçü işlemi tamamlanır. Alınacak nokta sayısı çok fazla ise ara ara reinitilize işleminin yapılmasında yarar vardır.

5.6.4.3 Sıçramalı kinematik gözlemler

Bu yöntemde aslında sabit ve gezici alıcılar yoktur denebilir. İlk baz ölçüldükten sonra 2. noktadaki (önceki yöntemlerde gezici denilen) alıcı yerinde kalırken 1. noktadaki (yani referans noktasındaki) alıcı 3. noktaya gider. İkinci baz ölçüldükten sonra, 3. noktadaki alıcı yerinde kalırken 2. noktadaki alıcı 4. noktaya gider. Gözlemlere tüm şebeke tamamlanıncaya kadar bu şekilde devam edilir. Sonuçta travers tipi dediğimiz bir geometri oluşmuş olur.



Şekil 5.6 Sıçramalı kinematik

5.6.5 Diferansiyel GPS yöntemi

GPS uydularından değişik frekansta 2 taşıyıcı sinyal (L1 ve L2), ile 1 C/A ve P Kodları, L2 üzerinde de yalnızca P Kodu gelmektedir. Taşıyıcıları ve kodları ölçen duyarlı jeodezik alıcılar (tek ve/veya çift frekanslı alıcılar) hem pahalı, hem hacimleri oldukça büyük, hem de gözlemlerin sonradan değerlendirilmesine gereksinim duymaktadırlar. Bu nedenle jeodezik alıcılar, genelde duyarlı sonuçlara gereksinim olduğunda kullanılırlar.

Fotoğrametrik harita yapımı için gerekli yer noktalarının arazide işaretlenmesi, navigasyon v.b. bazı uygulamalarda çok duyarlı koordinatlara ihtiyaç duyulmaz ; birkaç yüz metrelik bir duyarlık genellikle yeterli sayılabilir. Bu gibi hallerde kod (ları) ölçen (C/A ve/veya P kodları) GPS alıcıları amacımız için yeterlidir. Ayrıca, aynı epoga ait olan eşzamanlı kod ölçüleri, hem de epoklar arasında birbirlerinden bağımsız birlikte değerlendirilerek rutin olarak 1-2 m düzeyinde rölatif duyarlık elde etmek olanaklıdır.

Diferansiyel GPS uygulaması ile biri sabit ve diğeri gezici olmak üzere 2 alıcı kullanarak bir saatlik bir sürede aracın hızına bağlı olarak 150 km'ye varan bir güzergahı 2-5 m duyarlıkla haritasının yapılması olasıdır. Bu duyarlığın 1/5000 ve daha küçük ölçekli haritalar için yeterli olduğu hatırlanırsa nasıl bir hız ve ekonomi ile karşı karşıya olduğumuz daha iyi anlaşılmaktadır. Ayrıca, alıcı sayısı çoğaltıldığında üretim de doğru orantılı olarak artacaktır.

BÖLÜM 6: VERİ DEĞERLENDİRMESİ

6.1 Veri Transferi

Birçok modern alet GPS verisini içinde depolarken eski aletler gözlemleri floppy diske yada kasete yazar. Veri değerlendirmenin ilk işlemi veriyi alıcıdan bilgisayar ortamına aktarmaktır. Bu transfer üreticiler tarafından sağlanan yazılım ile olur. Bir grup ölçmesi için gözlem dosyası ana dosya olarak faz ve diğer ölçüleri kapsar, ek olarak istasyon tanımlayıcısı, anten yüksekliği ve navigasyon konumunu içeren broadcast efemeris bulunur.

Dosya adları ve anten yüksekliklerinin doğruluğunu kontrol etmek için en iyi yol bir özet formu hazırlamaktır. Bu form ölçü grupları, ölçülen anten yüksekliği ve ölçü gruplarının başlama ve bitiş zamanını kapsar.

Çoğu zaman gözlemci yanlış nokta tanımlayıcısını girebilir. Bu tanımlayıcı hatası, veri değerlendirmesi ilerlemeden düzeltilmelidir. Kontrol dökümanı noktaların gözlem kayıtlarından elde edilmelidir.

Çoğu yazılımlar, alıcıda depolanan noktanın veri dosyasından anten yüksekliğini çıkarır. Dosyaların isimlerini düzelttikten sonra, bütün anten yükseklikleri kontrol edilip düzeltilmelidir.

Dosyalar düzeltildikten sonra gözlem verisi en azından iki tane depolama ortamı üzerine kopyalanır. Orjinal veri kümesini farklı ve güvenli bir yerde tutmak yararlı olur.

6.2 Veri Değerlendirme

Uzun süreli büyük GPS ölçmelerinde, en azından günde bir defa kalite kontrolü yapılmalıdır. Bu kontroller cycle slip araştırmasını ve düzeltmesini kapsar. Ölçülerin yapılması esnasında cycle slip kontrolü alıcı tarafından yapılmadığı zaman, normal cycle slip kontrolü esas değerlendirme işlemlerinin bir parçasıdır. Kalite kontrolü, ölçü alanını erk etmeden önce arazide baz vektörlerinin yaklaşık hesaplanmasını da içermelidir. Günlük periyotlarda vektör kontrolleri uygun ölçmelerin yapılıp yapılmadığını gösterir.

Statik ölçülerin değerlendirilmesi: Modern değerlendirme yazılımları baz vektörlerini hesaplamakta "batch" değerlendirmeyi kullanır. Normal olarak bir günlük

veri harddiskteki alt kütüklere yüklenir. Program çalışmaya başladığında bazlar otomatik olarak sırayla hesaplanır. İki tip değerlendirme yazılımı vardır.

1) Vektör değerlendirme yazılımı

2) Çok nokta çözümleri

Vektör vektör veya tek baz çözüm tipi en bilinenidir ve her durumda çok nokta yazılım değerlendirmesinden önce kullanılır. Bazı durumlarda bir ölçü gurubu içindeki noktalardan birisi bozulabilir ve eğer bütün noktalar beraber değerlendirilirse kütü nokta hataları vektörler arasında dağılır ve hata görünmez olur. Tek vektör yazılımı kötü bazlar yada noktalarda daha iyi kontrol sağlar. Tek vektör çözümü yapan programlar, bazlardaki veya noktalardaki hataların kontrolünü daha iyi yapar. Kötü noktalar, karesel ortalama hata (root mean square, rms) veya standart hata kavramlarıyla ayırt edilebilir. Yani, kötü noktalardaki bu tür hatalar diğer noktalara göre daha yüksek olur.

Tek vektör değerlendirme yazılımı aşağıdaki adımları takip eder:

1) Kod uzaklıklarından nokta konum hesabı için en uygun değerleri hesaplar.

2) Taşıyıcı faz okumalarından ve uydu yörünge verisinden farkı alınmamış (undifferenced) faz verisini oluşturur.

Zaman farkları düzeltilebilir.

3) Farkı alınmış (differenced) faz verisini oluşturur ve aralarındaki korelasyonları hesaplar.

4) Üçlü fark alma yöntemini kullanarak vektörü hesaplar. Bu metod cycle slipler için hassas değildir ve en düşük

doğruluklu sonuçları sağlar.

5)Vektör ve faz belirsizlikleri çözmek için çift fark yöntemini uygular.

6)Besinci adımda hesaplanan faz belirsizliklerinin tam değerini hesaplar ve sabit belirsizlikler ile devam edip

etmeyeceğine karar verir.

7) Altıncı adımda hesaplanan belirsizlikleri (sabit sayı) kullanarak hesaba devam eder.

Kinematik ölçülerin değerlendirilmesi: Temel adımlar statik ve kinematik metod için benzerdir. Veri dosyaları alıcıdan dosyalara aktarılır. Dosya adları ve

anten yükseklikleri kontrol edilir. Değerlendirmenin farkı yazılımdadır. Yeni yazılımlar otomotiktir ve manuel müdahaleyi gerektirmez.

6.3 Hatalı Ölçülerin Çıkarılması

Ölçünün ne kadar iyi yapıldığını niteleyen birçok kriter vardır. İlk analiz tek tek vektörlerin istatistiklerini incelemektir. Hangi vektörlerin kötü olduğunun belirlenmesi, kötü baz ile iyi bazın istatistiklerinin karşılaştırılması ile olur.

Ağlarda problemli bazları bulmak için en iyi yol loop kapanma yazılımını kullanmaktır ve hatalı kapanmaları belirlemek için bir loop çevresindeki vektör bileşenleri toplanır. Birçok GPS yazılım paketi bu tip bir araştırma olanağına sahiptir.

Loopları kontrol etmede ilk adım ölçülmüş bazları gösteren bir kroki hazırlamaktır. Yazılıma bağlı olarak, bazlar yazılım tarafından kullanılan veri dosyası ile benzeşmek üzere numaralandırılır veya bazı durumlarda ağ içindeki yol ağdaki belirli düğüm noktaları referans alınarak seçilebilir. Looptaki kötü bazlar değişik kombinasyonlar kullanılarak bulunur, burada kötü bazlar işlemde çıkarılır.

Bir ağdaki ikinci kalite kontrol işlemi serbest dengeleme yöntemi ile yapılabilir. Bu dengeleme, loop kapanma yöntemi kullanarak kötü bazların elemine edilmesinden sonra yapılabilir.

Dengeleme programları üç ana amacı yerine getirir:

1) Programlar ilk olarak bütün vektörlerin yerlerini öyle değiştirirler ki bitişik bir ağ içinde vektörler birleştirilmiş olsun.

2) Her vektör bileşenine küçük düzeltmeler eklerler ve geometrik şekil kapanması elde ederler.

3) Her noktanın kotunu ve koordinatını hesaplarlar.

Serbest dengeleme yapılırken bir noktanın datum koordinatları normal olarak girilir. Bütün vektörlerin koordinatları tek noktanın koordinatları ile uyuşması için ötelenir. Böylece sabit nokta ile uyum içinde ötelenen noktaların bir listesi elde edilir.

Gözlemlerin ağırlık matrisini belirlemek her zaman önemli bir problemdir. Birçok dengeleme programı vektör korelasyon matrisi ve GPS çıktı dosyasındaki hatalar baz alınarak ağırlık matrisi oluştururlar.

BÖLÜM 7 GPS SONUÇLARININ TRANSFORMASYONU

7.1 Giriş

GPS, 1984'te seçilmiş olan Dünya Jeodetik Sistemi kullanır (World Geodetic System 1984, WGS-84) (DECKER, 1986). GPS kullanıldığı zaman yer noktalarının koordinatları bu referans sistemde elde edilir. Haritacılar yer noktalarının koordinatlarını global bir şekil üzerinde hesaplamak istemeyip, jeodezik dik koordinatlar ve düzlem koordinatlar olarak lokal koordinat sisteminde hesaplamak isterler. WGS- 84 lokal bir sistem olmayıp yermerkezli bir sistemdir ve bu yüzden belirli transformasyonlar yapılmalıdır (ŞAHİN, 1995).

7.2 Kordinat Transformasyonu

GPS ile ölçme yapılan noktaların WGS84 sisteminde XYZ dik koordinatları ve WGS84 elipsoidine göre enlem, boylam ve yükseklikleri elde edilmektedir. GPS ölçmeleri ile bulunan bu koordinatların ülke koordinat sistemine dönüştürülebilmesi için, çalışma alanı içerisinde ve çevresine homojen olarak dağılmış, ülke sisteminde koordinatları bilinen yeterli sayıda noktada GPS ölçmeleri yapıp, bu noktaların WGS84 sistemindeki koordinatlarının bulunması gerekir. Her iki sistemde bilenen bu koordinatlarla WGS84 sisteminden ülke sistemine dönüşüm parametreleri hesaplanır. Bu parametreler yardımıyla yeni noktaların GPS'den bulunan koordinatları ülke sistemine dönüştürülür.

GPS sisteminden ülke sistemine dönüşüm iki boyutlu Helmert benzerlik dönüşümü ile veya üç boyutlu benzerlik dönüşümü ile gerçekleştirilebilir.

7.2.1. İki boyutlu Helmert benzerlik dönüşümü

GPS sisteminden ülke sistemine iki boyutlu dönüşümü gerçekleştirebilmek için önce, GPS ölçüleri değerlendirilerek WGS84 elipsoidine göre elde edilen elipsoidal enlem ve boylam değerlerinden, WGS84 elipsoidinin parametreleri ile Gauss-Krüger projeksiyonunda noktaların SAĞA ve YUKARI değerleri hesaplanır. Eşlenik noktaların WGS84 elipsoidine göre bulunan bu koordinatları ve ülke sisteminde verilen SAĞA-YUKARI değerleri ile dönüşüm yapılır. Burada iki boyutlu

Helmert benzerlik dönüşümüne ilişkin temel eşitlikler ve yapılan işlemler kısaca açıklanacaktır.

7.2.2 Sağa ve yukarı değerlerin hesaplanması

WGS84 elipsoidinin parametreleri

$$a = 6378137.0000 \text{ m}$$

$$b = 6356752.3141 \text{ m}$$

$$c = 6399593.6258 \text{ m}$$

$$1/f = 1/298.257223563 = 0.00335281066474$$

$$e^2 = 0.00669437999013$$

$$e'^2 = 0.00673949674227$$

olarak verilmektedir (DMA, 1987).

WGS84 elipsoidine göre enlemi B ve boylamı L olan noktanın Gauss-Krüger projeksiyonunda SAĞA ve YUKARI değerlerini hesaplamak için, WGS84 elipsoidinin yukarıda verilen parametreleri ile ilgili B enlemi için

$$\eta^2 = e'^2 \cos^2 B, \quad V^2 = 1 + \eta^2 = 1 + e'^2 \cos^2 B \quad (7.1)$$

$$t = \tan B, \quad N = \frac{c}{V}$$

ile

$$a_1 = N \cos B \quad (7.2)$$

$$a_2 = -\frac{1}{2} N t \cos^2 B \quad (7.3)$$

$$a_3 = -\frac{1}{6} N \cos^3 B (1 - t^2 + \eta^2) \quad (7.4)$$

$$a_4 = \frac{1}{24} N t \cos^4 B (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) \quad (7.5)$$

$$a_5 = \frac{1}{120} N \cos^5 B (5 - 18t^2 + t^4) \quad (7.6)$$

a_i ($i = 1, \dots, 5$) katsayıları hesaplanır (Aksoy, 1990b).

WGS84 elipsoidi üzerinde enlemi B olan bir noktaya kadar ekvatorundan itibaren meridyen yayı uzunluğu yukarıda verilen parametrelerle

$$G = 111132.95239262B^0 - 16038.5158302 \sin 2B + 16.83085065 \sin 4B - 0.02231936 \sin 6B \quad (7.7)$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte birinci terimde B enlemi derece biriminde alınacaktır (AKSOY, 1990a; AYAN ve diğ. 1996).

L noktanın boylamı, L_0 Gauss-Krüger projeksiyonunda dilim orta meridyeni boylamı olmak üzere

$$l = L - L_0 \quad (7.8)$$

denilirse

$$X = G + \Delta X = G - a_2 l^2 + a_4 l^4 + \dots \quad (7.9)$$

$$Y = a_1 l - a_3 l^3 + a_5 l^5 + \dots \quad (7.10)$$

elde edilir.

Noktanın SAĞA ve YUKARI değerleri,

$$SAĞA = 500000.000 + m_0 Y \quad (7.11)$$

$$YUKARI = m_0 X \quad (7.12)$$

eşitlikleriyle bulunur. 3 derecelik dilim için $m_0 = 1$, 6 derecelik dilim için $m_0 = 0.9996$ alınacaktır (AKSOY, 1990b).

7.2.3 Temel Eşitlikler

Birinci sistem koordinatlarına X', Y' ve ikinci sistem koordinatlarına X, Y denilirse, λ ölçek katsayısı ve γ dönüklük olmak üzere dönüşüm eşitlikleri

$$X = X_0' + \lambda X' \cos \gamma - \lambda Y' \sin \gamma \quad (7.13)$$

$$Y = Y_0' + \lambda X' \sin \gamma + \lambda Y' \cos \gamma \quad (7.14)$$

şeklinde verilmektedir. Eşitlikte

$$X_0' = k_{01}, \quad Y_0' = k_{02}, \quad \lambda \cos \gamma = k_{11}, \quad \lambda \sin \gamma = k_{12} \quad (7.15)$$

denirse,

$$X = k_{01} + X'k_{11} - Y'k_{12}, \quad Y = k_{02} + X'k_{12} + Y'k_{11} \quad (7.16)$$

$$\lambda = \sqrt{k_{11}^2 + k_{12}^2}, \quad \tan \gamma = \frac{k_{12}}{k_{11}} \quad (7.17)$$

olur. Burada $k_{01}, k_{02}, k_{11}, k_{12}$ belirlenmek istenilen dönüşüm parametreleridir. Bu parametrelerin belirlenmesi için 2 eşlenik nokta gerekir. İki den fazla eşlenik nokta varsa, 2. sistem koordinatları ölçü varsayılarak "dengeleme" yapılır. Bu durumda $i = 1, 2, 3, \dots, n$ sayıda eşlenik nokta olmak üzere düzeltme denklemleri

$$v_{X_i} = k_{01} + X'_i k_{11} - Y'_i k_{12} - X_i \quad (7.18)$$

$$v_{Y_i} = k_{02} + Y'_i k_{11} + X'_i k_{12} - Y_i \quad (7.19)$$

olur. Kolaylık sağlamak için

$$X_s = \frac{[X]}{n}, \quad Y_s = \frac{[Y]}{n}, \quad X'_s = \frac{[X']}{n}, \quad Y'_s = \frac{[Y']}{n} \quad (7.20)$$

ağırlık merkezinin koordinatları ile

$$\Delta X_i = X_i - X_s, \quad \Delta Y_i = Y_i - Y_s, \quad S^2 = \Delta X^2 + \Delta Y^2, \quad (7.21)$$

$$\Delta X'_i = X'_i - X'_s, \quad \Delta Y'_i = Y'_i - Y'_s, \quad S'^2 = \Delta X'^2 + \Delta Y'^2 \quad (7.22)$$

denirse dönüşüm katsayıları

$$k_{11} = \frac{[\Delta X \Delta X'] + [\Delta Y \Delta Y']}{[S'^2]} \quad (7.23)$$

$$k_{12} = \frac{[\Delta Y \Delta X'] - [\Delta X \Delta Y']}{[S'^2]} \quad (7.24)$$

$$k_{01} = X_s - X'_s k_{11} + Y'_s k_{12} \quad (7.25)$$

$$k_{02} = Y_s - Y'_s k_{11} - X'_s k_{12} \quad (7.26)$$

elde edilir.

Kontrol için

$$\begin{aligned} [v_X] &= 0, & [v_Y] &= 0, & [X'v_X + Y'v_Y] &= 0, & [-Y'v_X + X'v_Y] &= 0 \\ [vv] &= [v_X^2] + [v_Y^2] = [S^2] - [S'^2](k_{11}^2 + k_{12}^2) = [S^2] - [S'^2]\lambda^2 \end{aligned} \quad (7.27)$$

olmalıdır. Birim ölçünün karesel ortalama hatası

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{2n-4}} \quad (7.28)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Eşlenik noktalar dışında, yalnız 1. sistemde X'_k, Y'_k koordinatları verilen bir P_k noktasının 2. sistemdeki koordinatları, dengelemeli olarak bulunan dönüşüm katsayıları ile,

$$X_k = k_{01} + X'_k k_{11} - Y'_k k_{12} \quad (7.29)$$

$$Y_k = k_{02} + Y'_k k_{21} + X'_k k_{22} \quad (7.30)$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Dönüşümle bulunan bu koordinatların karesel ortalama hataları,

$$m_{X_k} = m_{Y_k} = \pm m_0 \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{S'^2_k}{[S'^2]}} \quad (7.31)$$

ve ortalama konum hataları

$$m_p = \pm \sqrt{m_{X_k}^2 + m_{Y_k}^2} = \pm m_0 \sqrt{2} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{S'^2_k}{[S'^2]}} \quad (7.32)$$

eşitlikleri ile bulunur. Eşitliklerde, $[S'^2]$ eşlenik noktaların ağırlık merkezine uzaklıklarının kareleri toplamı, S'_k ise eşlenik olmayan P_k noktasının ağırlık merkezine olan uzaklığıdır.

7.2.4 Verilen koordinatlar için uyuşum testi

Her iki sistemde koordinatları verilen noktalar kümesi için uyuşum testi yapılmalı ve sonuçta uyumlu çıkan noktalar kullanılarak dönüşüm gerçekleştirilmelidir.

Verilen nokta koordinatları arasında uyumsuz (X,Y) ölçü çiftlerini saptamak için her noktaya ilişkin

$$q_i = 1 - \frac{1}{P} - \frac{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2}{[S^2]} \quad (7.33)$$

değeri hesaplanır.

$$T_i = \sqrt{\frac{V_{x_i}^2 + V_{y_i}^2}{2m_0^2 q_i}} \quad (7.34)$$

test büyüklüğü $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ile

$$C = \sqrt{(P-2)\left(1 - \left(\frac{\alpha}{P}\right)^{1/(P-3)}\right)} \quad (7.35)$$

kritik değerinden büyük çıkıyorsa, yani $T_i > C$ için ilgili koordinat çifti uyuşumsuz sayılır. Sıra ile uyuşumsuz koordinat çiftlerinin atılması ile dönüşüm ve test işlemleri tekrarlanır. (7.35) nolu eşitlikte geçen P dönüşümde kullanılan ortak nokta sayısıdır (AYAN ve diğ. 1996).

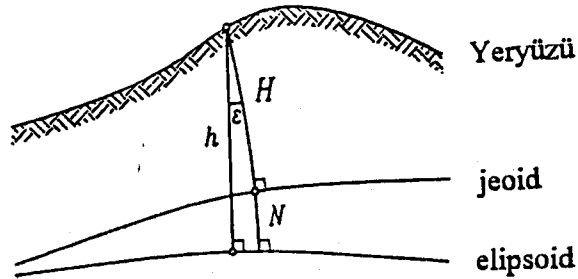
7.2.5 Yükseklik transformasyonu

Aşağıdaki formül elipsoid ile jeoid arasındaki ilişkiyi gösterir.

$$h = H + N \quad (7.36)$$

Burada h : elipsoid yüksekliği, H : ortometrik yükseklik, N : jeoid yüksekliğidir.

Şekil 7.1'de gösterildiği gibi bu formül bir yaklaşımdır. Fakat bütün pratik amaçlar için yeterli doğruluktadır. ε açısı yavaşça kıvrılan çekül eğrisi ve elipsoid normali arasındaki düşey sapma açısını gösterir. Bu açı 30 ark saniyeden daha fazla olamaz.



Şekil 7.1 Yükseklik Tanımları (HOFMANN-WELLENHOF ve diğ. 1992)

GPS nokta konumlaması X, Y, Z koordinatlarının bulunması ile sonuçlanır. Transformasyonun yapılmasından sonra, elipsoid yükseklikleri elde edilir. Eğer ek olarak (7.1) formülündeki iki terimden biri verilirse diğeri hesaplanabilir. Böylece,

jeoid bilinirse ortometrik yükseklikler hesaplanır. Diğer taraftan, eğer ortometrik yükseklikler bilinirse jeoid yükseklikleri hesaplanabilir. Aşağıda elipsoid ve jeoid hakkında kısa açıklamalar yapılmıştır (ŞAHİN, 1995).

Elipsoid: Dünya yüzeyinin bir yaklaşımı dönel elipsoiddir. Elipsoid, düzgün büyüklüklü elips seçip ve ana eksenini etrafında döndürülerek oluşturulur. Dünya elipsoidi enlem ve boylam değerleri tarafından alt bölümlere ayrılmış matematiksel yüzeydir. Dünyanın gerçek yüzeyi elipsoide yaklaşıp. Jeodeziciler, yatay ölçmeleri düşey ölçmelerden ayrı yaptığı için elipsoid ve Dünyanın gerçek yüzeyi arasındaki fark önemli bir etki yapmaz.

Bu, yatay ve düşey bilgiyi aynı anda elde eden uzay jeodezisinin gelişmesi (GPS, TRANSIT) ile değişmiştir. Geometrik olarak tanımlanan ve uydu jeodezisinden elde edilen yükseklikler (elipsoid yüksekliği) fiziksel olarak tanımlanan yükseklikler ile birleştirilmelidir. Elipsoid yükseklikleri elipsoidi, ortometrik yükseklikler ise jeoidi referans alır. Bu iki yüzey arasındaki fark hiç şüphesiz gelecek birkaç yıl jeodezicileri meşgul edecektir. Fakat bugün için haritacılar kullanılabilir yükseklikleri elde etmek için GPS yüksekliklerine düzeltmeler getirmelidir.

Lokal elipsoidler (yermerkezli değil) ve global (yermerkezli) elipsoidler arasındaki fark belirlenmelidir. İlk olarak farklı lokal elipsoidler kullanılmıştır, çünkü belirli büyüklükteki elipsoidler Dünyanın belirli bir kısmına global elipsoidlerden daha iyi uyarlar. Gerçekte bir alan için seçilen elipsoid o alandaki jeoid ve elipsoid arasındaki farkı minimum yapacak şekilde seçilmiştir. Lokal elipsoidin merkezi Dünyanın gerçek merkezi ile çakışmaz. Lokal elipsoidlerin merkezi gerçek merkezden 100 metre kadar farklı olabilir.

Bugün birtek global elipsoid kullanılır. Değişik kıtaların datumlarını birleştirmek mümkün olduğu zaman, jeodeziciler tek global referans elipsoidi seçmeyi kararlaştırdılar. Şimdiki Jeodezik Referans Sistemi (Jeodezik Referans Sistemi -1980, GRS-80) birçok tartışmadan sonra seçilmiştir, GRS-80 elipsoidinin merkezi Dünyanın gerçek merkezi ile çakışır ve bu elipsoidin yüzeyi jeoidi ortalama bir yüzey sağlar. Bu yeni yüzeyin jeoidi uygunluğu Dünyadaki her yer için aynı değildir. Örneğin, Clarke elipsoid yüzeyi Amerika için jeoid yüzeyi ile arasındaki fark küçük miktarlardır. Yeni GRS - 80 elipsoidi Amerikanın doğusunda yaklaşık olarak jeoidden 30 metre aşağıdadır. Eski NAD -27 datumunu kullanan haritacılar eğer uzunlukları elipsoid üzerine projeksiyon yapmada kullanacaksa, uzunluk ölçmelerini deniz seviyesine indirgemelidir.

Jeoid: Jeoid fiziksel olarak tanımlanır ve Dünyanın gerçek şeklini temsil etmekte kullanılır. Jeoid çizimleri, jeoidi tepeler ve vadiler ile topografik modele benzer engebeli bir yüzey olarak gösterir. Jeoid merkezi Dünyanın gerçek merkezi ile çakışır ve jeoidin yüzeyi eş potansiyelli yüzeydir. Dünyanın tamamen su ile kaplandığı düşünülerek jeoid gözönüne getirilebilir. Bu su yüzeyi, eş potansiyelli yüzeydir, çünkü su oluşabilecek her hangi bir yükseklik farkını dengelemek için akacaktır. Gerçekte, deniz seviyesi doğru eş potansiyelli yüzeyden değişik ısı ve okyanus akıntıları nedeni ile farklılaşır.

Jeoid, yükseklik datumu için seçilen yüzeydir. Birçok ülkede, jeoid ortalama deniz seviyesi ile en iyi uyuşan sıfır yükselti yüzeydir. Bu seçimden dolayı, datum genelde deniz seviyesi datumu olarak anılır. Bu sıfır yükseklikli yüzeyin kıyı boyundaki ortalama deniz seviyesi ile çakışacağı anlamına gelmez. Herhangi bir noktada, sıfır yükseklikli yüzey ve ortalama deniz yüzeyi arasında 1 metreye varan farklar mevcuttur. Kıyı boyundaki noktalarda ortalama deniz yüzeyi birçok faktör tarafından etkilenir, böylece kıyı boyundaki ortalama deniz yüzeyi eş potansiyelli bir yüzey oluşturmaz.

Jeoid yüzeyi çok düzensizdir ve jeoid için kesin bir matematiksel model yapmak imkansızdır. Jeodeziciler küre harmonileri kullanarak iyi bir jeoid yaklaşımı geliştirmişlerdir.

7.3 Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü

Üç boyutlu benzerlik dönüşümü XYZ ve xyz ile gösterilen dik koordinat sistemleri arasında gerçekleştirilir. Bu dönüşüm için değişik modeller kullanılmaktadır. Üç boyutlu dönüşümlerde genelde üç öteleme (kayıklık) (X_0, Y_0, Z_0), üç dönüklük (ϵ, ψ, ω) ve bir ölçek (k) olmak üzere 7 parametre belirlenir.

- Bu modeller
- Bursa-Wolf Modeli
- Molodensky-Badekas Modeli
- Weis Modeli
- Krakiwsky-Thomson Modeli

olarak sıralanabilir. Bu modellerle ilgi ayrıntılı bilgi Krakiwsky and Thomson, 1974; Vanicek and Krakiwsky, 1992; Leick, 1990; Kılıçoğlu, 1995; gibi kaynaklarda ayrıntılı

olarak verilmektedir. Wolfrum, 1992'de ise 10 parametrelili bir model açıklanmaktadır.

Bu modellerin tam olarak uygulanabilmesi için her iki sistemde koordinatları bilinen ortak noktalar bulunmalıdır. GPS ile WGS84 sisteminde elde edilen üç boyutlu dik koordinatları xyz ile, dönüşümün yapılacağı Hayford elipsodine göre ED50 datumunda dik koordinatları XYZ ile gösterecek olursak, dönüşüm xyz sisteminden XYZ sistemine yapılacaktır. xyz koordinatları GPS ölçmeleri ile belirlenmektedir. Buna karşılık ikinci sistemdeki XYZ dik koordinatları, ülke sisiteminde (ED50) Hayford elipsoidine göre verilen enlem, boylam ve elipsoidal yüksekliklerle

$$X = (N + h) \cos B \cos L \quad (7.37)$$

$$Y = (N + h) \cos B \sin L \quad (7.38)$$

$$Z = \left(\frac{b^2}{a^2} N + h \right) \sin B = \left[(1 - e^2) N + h \right] \sin B \quad (7.39)$$

eşitlikleri ile hesaplanacaktır. Eşitliklerde geçen N meridyene dik doğrultudaki normal eğrilik yarıçapıdır ve (2) eşitlikleri ile

veya

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B}} \quad (7.40)$$

eşitliği ile hesaplanır (ARSLAN 1987, AYAN v.d 1996).

Bu eşitliklerde geçen h elipsoidal yükseklikleri ile ortometrik yükseklikler H ve jeoid yükseklikleri (jeoid ondülasyonları) N arasında

$$h = H + N \quad (7.41)$$

bağıntısı vardır. Noktaların ortometrik yükseklikleri nivelmanla bulunmaktadır. Elipsoidal yüksekliklerin bulunabilmesi için her noktadaki jeoid yüksekliklerinin bilinmesi gerekir. Bu da, o bölgede jeoidin yeterli doğrulukla belirlenmiş olmasını gerektirir. Jeoid belirlenmişse yukardaki eşitlikler yardımıyla Hayford elipsoidine göre dik koordinatlar XYZ hesaplanabilir. Şayet jeoid belli değilse, bu dik koordinatların hesabı için gerekli olan h elipsoidal yükseklikleri bilinmeyendir. h elipsoidal yükseklikleri yerine yaklaşık olarak H ortometrik yükseklikleri alınırsa hesaplanan XYZ koordinatları bir miktar hatalı olacaktır. Eğer bölge pek büyük değilse, o bölgede jeoid yüzeyinin elipsoide paralel olduğu varsayılabilir. Bu

durumda elipsoidal yükseklikler yerine H ortometrik yükseklikleri alınırsa, N jeoid yüksekliklerinin alınmayışı nedeniyle XYZ elipsoidal dik koordinat sisteminde bir ötelenme olacaktır. Bölge büyük ve engebeli ise, bu durumda jeoidle elipsoidin birbirine paralel oldukları düşünülemez. Noktalar arasındaki jeoid yükseklikleri farkı

$$\Delta N = \Delta h - \Delta H \quad (7.42)$$

olacaktır. Bu ΔN farkını elipsoidal yüksekliğin hatası dh gibi düşünecek olursak bunun XYZ dik koordinatlarına etkisi, yukarda verilen (7.37,38,39) numaralı eşitliklerin diferansiyeli alınarak elde edilen

$$dX = \cos B \cos L dh \quad (7.43)$$

$$dY = \cos B \sin L dh \quad (7.44)$$

$$dZ = \sin B dh \quad (7.45)$$

eşitlikleriyle hesaplanabilir.

Eşlenik noktalar için ülke sistemindeki elipsoidal enlem, boylam ve ortometrik yüksekliklerle hesaplanan ve dX, dY, dH kadar hatalı olan XYZ dik koordinatları ile dönüşüm parametreleri hesaplanır ve GPS ölçmelerinden elde edilen xyz koordinatları ülke sistemine dönüştürülürse, sonuçlar bir miktar hatalı olacaktır. Bu hatanın büyüklüğü çalışılan bölgede jeoidin değişiminin büyüklüğü ile orantılıdır.

Bunun yerine, eşlenik noktaların elipsoidal yükseklikleri $h = 0$ alınarak ülke sistemindeki elipsoidal enlem ve boylamı ile yine (7.37, 38,38) eşitlikleri ile XYZ dik koordinatları, aynı şekilde GPS ölçmeleri ile WGS84 elipsoidine göre elde edilen enlem ve boylamları ile yine elipsoidal yükseklikleri sıfır alınarak xyz dik koordinatları hesaplanır ve bu koordinatlarla dönüşüm parametreleri hesaplanırsa, elde edilen dönüşüm parametreleri yükseklik hatasından etkilenmeyecektir. Bu dönüşüm parametreleri kullanılarak GPS ölçmeleri ile bulunan koordinatlar ülke koordinat sistemine dönüştürülebilir. Bu dönüşümden elde edilen dik koordinatlardan ülke sistemindeki elipsoidal enlem ve boylamlar ve bunlara bağlı olarak SAĞA-YUKARI değerleri hesaplanır (AYAN ve diğ. 1996).

BÖLÜM 8: GPS'İN UYGULAMA ALANLARI

8.1 Birinci Derece Ulusal GPS Yüzey Ağının Oluşturulması

Ulusal nirengi ağını yeniden oluşturmak isteyen ülkeler, klasik jeodezik yöntemlerle böyle bir işe kalkışmaları hem zaman hemde ekonomik açıdan rantabl değildir. GPS ile oluşturulan referans sistemi ülke sistemine dönüştürmek gerektiğinde birçok problemle karşılaşılabilir. Çünkü WGS84 elipsoidi en modern gravite modellerinden oluşturulmuştur. Bu gravite modelleri, hem yersel gravite ölçüleri hemde altimetrik uydulardan alınan bilgiler ile hesaplanmıştır. Bu nedenle WGS84 elipsoidi prüzsüz bir elipsoid denilebilir, en azından daha önce oluşturulmuş elipsoitlere göre çok daha iyidir. 50 yıl önce oluşturulmuş bir elipsoid ile WGS84 elipsoidini karşılaştırmak anlamsız olur. GPS'in yanında global nokta konum belirleme doğruluğu 1-2 cm olan mobil lazer uydu sistemi (Şahin ve dig., 1992/93) ve çok uzun baz belirlemede milimetre doğruluğa sahip mobil çok uzun bazlı interferometrik yöntemlerle ülke referans elipsoidi belirlenmeli GPS uydu yörüngelerini kontrol etmek için mobil lazer ve interferometrik istasyonlarda GPS ölçmeleride yapılmalıdır. Nokta koordinatları 1-2 cm. doğrulukta bilinen bu tür noktalara literatürde güvenilir (fiducial) noktalar denmekte ve GPS uydu yörüngelerinin geliştirilmesi ve hesaplanmasında kullanılırlar. Daha sonra ülke yüzeyini tarayacak birinci derece GPS ağı oluşturulur. İstenirse sıkıştırma noktaları da tesis edilebilir. Simultane ölçmelerde GPS uydu yörüngelerini kontrol etmek için güvenilir noktalarda sürekli GPS alıcıları bulunmalıdır.

Ülke GPS ağını oluşturduktan sonra ülke yüzeyini kaplayacak şekilde birkaç sabit GPS istasyonları kurulmalı. Bu istasyonlarda günün 24 saatinde GPS ölçmeleri yapılmalı ve ölçüler değerlendirilmelidir. Sabit GPS istasyonları ölçülerini, isteyen her sivil/asker kullanıcıya vermekle sorumlu tutulmalıdır. Eğer ülkede böyle istasyonlar olsa, eline tek bir GPS alıcısını alan herkes kendi konumunu bu referans noktalarına göre, hatta zamana bağlı olarak belirleyebilir ülkenin herhangi bir yerinde yapılan ölçüler direkt olarak sisteme bu şekilde dönüştürülebilir (Şahin, 1995).

GPS'de bilindiği gibi WGS84 üzerinde noktaların birbirlerine göre relatif X,Y,Z koordinatları elde edilmektedir. Dik koordinatlar basit formüllerle coğrafik koordinatlara dönüştürülebilir. Elde edilen noktalar arasındaki yükseklik farkları

elipssoid üzerindeki noktaların birbirlerine göre relatif yükseklikleridir. Ortometrik yükseklikleri ise geometrik veya prezisyonlu nivelmanla belirlenebilir. Eğer amaç jeoid belirlemekse (N) bu iki veri yeterlidir. Bu şekilde, kolokasyon yöntemlerini de kullanarak bölgenin çok iyi bir yerel jeoid haritası çıkarılabilir veya istenen noktalardaki jeoid ondülasyonları kolokasyonla hesaplanabilir (BORDLEY ve diğ., 1989). Eğer ortometrik yükseklikler yok ve aranıyorsa, jeoidin bilinmesi gereklidir. Modern jeoid belirleme uygulamalarında jeoid, altimetrik uydulardan alınan jeopotansiyel katsayılarından veya jeopotansiyel katsayılar ile yersel gravite ölçmelerinin birlikte değerlendirilmesinden elde edilmektedir.

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

8.2 Mühendislik Ölçmeleri

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

Mühendislik ölçmelerinin bir başka önemli uygulama alanı hacim hesaplarının belirlenmesidir. Klasik ölçmelerde genel olarak, ilgili alan karelere bölünür ve karelerin kesişme noktalarında nivelman ölçmeleri yapılmaktadır. Hacim hesaplamaları genellikle çok büyük alanları içine almadığı için lokal jeoid üzerinde çalışmak yeterlidir. GPS ile hacimlerin belirlenmesi klasik yöntemlere göre ekonomik açıdan çok daha ucuz ve az zahmet isteyen bir iştir.

8.3 Kadastro Ölçmeleri

GPS özellikle kırsal alanlarda klasik yöntemle karşılaştırıldığında büyük kolaylık ve yüksek doğruluk sağlamaktadır. Önceki bölümlerde anlatılan kinematik yöntemleri bu alanlarda kullanmak olasıdır.

1990 yılında Californiya'da yapılan GPS ile kadastro uygulaması şu sonuçları vermiştir (MICHAEL, 1991). Toplam 110 kadastro ve kontrol noktalarında GPS ölçmeleri yapılmış. Engebeli bölgelerde GPS ile belirlenen bazların, daha önce Hükümetin Arazi Ofisi tarafından belirlenen bazlardan 2.9-7.6m./km.farklı olduğu görülmüştür. 1970 ve 1980 arasında elektronik uzaklık ölçerlerle ölçülen bazlar arasında bu değer 20-40 cm. olduğu da görülmüştür. Halbuki, Kuzey Amerika Datum 1983 (NAD83: North Amerika Datum) sonuçlarında dx, dy ve dH hataları sırasıyla 0.95, 1.27 ve 1.39cm. olarak verilmiştir (ŞAHİN, 1995).

8.4 Fotogrametri ve Uzaktan Algılama

Hava fotogrametri'si veya uzaktan algılamada, önemli olan fotoğrafın çekim anındaki üç boyutlu koordinatlarının bilinmesidir. Eğer çekim anındaki kameranın koordinatları GPS ile belirlenirse klasik fotogrametride gerekli olan yer kontrol noktalarına hiç gerek kalmamaktadır. Bu işlem için, uçuştan önce uçağın kanatlarına birer, kabinin hemen arkasına bir ve uçağın en arka kısmına da bir adet olmak üzere toplam dört GPS anteni yerleştirilir. Uçağın kanatlarına ve arka kısmına yerleştirilen üç GPS anteninin görevi, uçaktaki dönmeleri belirlemektir. Ölçmeler kinematik metod ve faz modunda yapıldığı için tamsayı belirsizlikler gözleme yapılacak uydular için hesaplanmalı. Hatırlanacağı gibi kinematik metodda tamsayı belirsizlikleri belirlemek için referans noktasındaki GPS alıcısı ölçme süresi boyunca sürekli o noktadan data toplar ve hareket halinde olan GPS alıcıları önce koordinatı bilinen noktadan data toplamaya başlamaları gerekiyor; fakat burada durum biraz farklıdır ve şöyle bir yöntem uygulanmaktadır. Karada birkaç adet GPS referans noktası seçilir ve bu noktalar ölçme süresi boyunca data toplarlar ve uçaktaki GPS antenleri de ilgili alanlarda data toplamaya başlarlar. Ölçmelerin simultane yapılması gerektiği için yerdeki referans noktalarındaki alıcılar ile uçaktaki alıcıların aynı uyduları gözlemeleri gerekiyor. Ölçmelere en az 6 uydu ile başlanması önerilmekte, bu şekilde ölçme esnasında gözleme alanındaki çıkan uydular sorun yaratmaz. Integer ambigütiylerin hesaplanması için "Hızlı belirsizlik belirleme yöntemleri" uygulanır. Bu yöntemde referans noktalarının sayısı ve önemi artmaktadır. Bu şekilde belirlenen kameranın yer istasyonlarına göre 500km'ye kadar olan uzunluklarda relatif konumlar ± 10 cm. doğrulukla belirlenebilmektedir (Şahin, 1995).

8.5 Deformasyon Ölçmeleri

Yeryüzü'nün şekli ve gravite alanı zamana bağlı olarak, yeryüzüne etkiyen değişik kuvvetlerden dolayı (tektonik hareketler, okyanusların hareketi, Ay ve Güneş'in etkisi, vs.) değişmekte veya deforme olmaktadır. Yer kabuğu üç yönde hareket edebilir, pratikte sadece yatay veya düşey hareketler yoktur (CEHEN, 1991). Bu hareketler zaman ve geometrik anlamda ikiye ayrılabilir. Zaman ölçeğine bağlı hareketler; uzun sürelerde oluşan düzenli hareketler belli aralıklarla yani periyodik olarak oluşan hareketler ve başka etkenlerden dolayı (deprem, volkanik patlamalar, vs.) oluşan hareketler diye sınıflandırılabilir.

Geometrik anlamda ise hareketler üç şekilde tanımlanır, global, bölgesel ve yerel hareketler veya deformasyonlar. Genelde, klasik jeodezik ölçme tekniklerinde yatay ve düşey hareketler ayrı ayrı izlenmektedir. Diğer uzay ve uydu sistemlerinin yanında GPS ile bu tür hareketler üç boyutlu olarak izlenebilmektedir ve istenen doğruluğa ulaşılabilmektedir. GPS'de ölçmeler tamamen hava koşullarından bağımsız ve aynı zamanda klasik ölçmedeki noktaların birbirini görmesi koşulundan bağımsız olarak gerçekleştirilebilir.

Burada problem, oluşturulan deformasyon ağının hangi referans elipsoidine göre alınmasıdır. GPS hesaplamalarında elde edilen koordinatlar WGS84 referans elipsoidi üzerindedir; fakat bunlar mutlak koordinatlar değil noktaların birbirlerine göre relatif koordinatlarıdır. Eğer deformasyon alanı mühendislik deformasyon alanları (barajlar, inşaatlar, demiryolları, vs.) gibi küçük bir alanı kapsıyorsa o yöreye ait yine GPS ölçmeleriyle özel bir referans sistemi belirlenebilir. Bunun dışında, eğer deformasyon ağı ülke nirengi ağına veya başka herhangi bir ağı bağlanmak isteniyor, iki sistem arasındaki dönüşüm parametrelerini hesaplayabilmek için yeterli sayıda iki sistemde de ortak noktaların olması gerekir.

8.6 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

CBS ve GPS çok hızlı gelişen ve değişen iki yeni konu olmaları nedeniyle ileride mutlaka birlikte kullanma alanları olacaktır. Şu anda CBS'in relatif konum belirleme doğruluğu hemen hemen her alan için yeterlidir; fakat nokta konum doğruluğu (100m.) bazı alanlarda çok anlamsız olabilir. CBS uygulamalarında noktaların lokal harita sisteminde koordinatları istenir (Örneğin: Gauss projeksiyonu). Bu iki sistem arasında dönüşüm yapmak kolay bir iş olarak görünmemektedir. Dönüşüm için iki sistemi de iyi kavramış olmak gerekiyor (CROS, 1991). Genellikle

sayısal haritalar, var olan haritaların elle sayısallaştırılmasıyla veya hava fotoğraflarından elde edilir. Bazan bilgisayarlarla eski haritalar kopya edildikten sonra bilgisayarda oluşan görüntüler yarı otomatik yöntemlerle sayısallaştırılır (MON, 1991). Özellikle elle yapılan haritalardan çok yanlış sonuçlar elde etmek olasıdır. Hava fotoğrametrisinden çekilen fotoğraflarda yol kenar çizgileri çok belirgin çıkmazlar. Bu tür sorunları GPS ile çözmek ekonomik ve zaman açısından klasik yöntemlere göre çok daha iyi sonuçlar doğurur (ŞAHİN, 1995).

CBS, bölgesel ve lokal kaynakları coğrafi anlamda bilgisayar destekli olarak düzenleyen bir sistemdir. Tüm harita bilgileri sayısallaştırıldıktan sonra bilgisayara depolanır. CBS için gerekli yer kontrol noktalarının oluşturulmasında GPS faktörü gözden kaçmamalıdır. Bunun dışında haritaların güncelleştirilmesinde yine GPS'i kullanmak olasıdır (ŞAHİN, 1995).

8.7 Deniz Ölçmeleri (Offshore)

Şu anda, GPS denizciler açısından araştırma aşamasında ve hızla gelişen bir teknik olması nedeniyle GPS ölçmelerinin yanında kontrol amacıyla klasik sismik tekniklerde kullanılmaktadır. Örneğin, bir gemiye yerleştirilen GPS anteni karadaki referans noktalarına göre kendi konumunu belirlerken, gemideki başka bir alette karadaki sismik alıcılara radyo sinyalleri göndererek geminin karaya olan uzaklıkları sürekli ölçer. GPS'in şu anki durumuyla, denizcilere 24 saat boyunca en az 6 uydu gözleme olanağı sunmaktadır. GPS datalarının hesaplanması için difransiyel GPS (DGPS) tekniği kullanılmaktadır (CROSS ve diğ., 1990).

Gemiciler için özel GPS alıcıları kullanılmaktadır. Karadaki referans noktaları gemideki alıcı veya alıcılara difransiyel düzeltme denilen uzunluk düzeltmeleri gönderirler. Bu şekilde gemi kendi konumunu 2-5m. hatayla sürekli hesaplayabilir. Eğer bu datalar bir yere depolanıyorsa, ölçmeden sonra tekrar daha güçlü programlar sayesinde 1-2m. doğrulukla geminin zamana bağlı konumları hesaplanabilir. Faz ölçmeleri ölçü olarak kullanılıyorsa bu doğruluk cm.seviyesine ulaşabilir. Bu daha çok deniz dibinde petrol boru hatlarının döşenmesinde kullanılmaktadır (ŞAHİN, 1995).

8.8 Genel Navigasyon Ölçmeleri

Navigasyon dendiği zaman hareketli cisimlerin zamana bağlı olarak konumlarının, izledikleri yolun doğrultusunun veya yönünün belirlenmesi akla

gelmektedir. Çok yüksek doğruluk aranmayan uygulamalarda (bu, bir uçağın, denizdeki bir geminin veya karadaki herhangi bir aracın yönünün belirlenmesi olabilir) GPS'de uzunluk ölçmeleri ölçü olarak alınabilir. Eğer yüksek doğruluk (santimetre seviyesinde) aranıyorsa önceki bölümlerde anlatılan difransiyel GPS ölçme ve hesaplama tekniği kullanılabilir. Referans noktaları ile gemi veya uçak gibi hareket halindeki cisimler arasında data alış-verişleri bir radyo kanalı veya telefonla yapılabilir (ŞAHİN, 1995).

Özellikle büyük şehirlerde; yangın, trafik vs. gibi kurtarma ekiplerine, kendilerine önceden yön ve doğrultu verildiği takdirde, kendi konumlarını GPS ile sürekli kontrol etme olanağı doğar ve bu şekilde olay yerine çok daha hızlı bir şekilde varmaları olasıdır. Aynı örnek denizde batmakta olan bir gemi veya havada arızalanan bir uçağı kurtarma ekipleri için de verilebilir (ŞAHİN, 1995).



BÖLÜM 9: UYGULAMA

9.1. Giriş

Bu tezde elektronik takeometre ile yapılan detay ölçüleri ile GPS Dur ve git yöntemiyle yapılan detay ölçüleri konum doğruluğu ve zaman açısından karşılaştırılmıştır. Bu amaçla İ.T.Ü. Maslak Kampüsünde seçilen alanda yaklaşık 500 adet detay noktası yol kenarlarında işaretlenerek her iki yöntemle ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca İ.T.Ü. Prof. Mustafa İNAN Kütüphanesi ile Prof. Bedri KARAFAKİOĞLU caddesi arasındaki alanın topoğrafik yapıyı yansıtacak şekilde her iki yöntemle detay alımları yapılmıştır.

Yapılan ölçüler değerlendirilerek her iki yöntemle yapılan ölçülerden noktaların ülke koordinat sisteminde koordinatları hesaplanmıştır. Hesaplanan koordinat değerlerinden ortak noktaların koordinat farkları (dy, dx, dH) hesaplanmıştır. Sonuçlar bir tablo halinde ve grafik olarak sunulmuştur. Ayrıca ölçüsü yapılan arazinin her iki yöntemle elde edilen 1/1000 ölçekli haritaları ekte sunulmuştur.

9.2. Arazi Çalışması

9.2.1. Sabit ve detay alım noktalarının seçimi

İTÜ. Maslak Kampüsü içerisindeki bölgede detay alımı yapılacak 500 adet nokta arazide kırmızı yağlı boya ile işaretlenmiştir. İşaretlenen noktaları takeometrik olarak ölçmek için gereken poligon noktalarının yer seçimi için arazi etüdü yapılmış ve yedi noktadan oluşan poligon ağı araziye tesis edilmiştir.

GPS ölçmeleri için ise ölçü alanını içine alan, koordinatları ülke koordinat sisteminde bilinen beş adet nokta saptanmıştır. Referans noktası olarak itay noktasının kullanılmasına karar verilmiştir.

9.2.2. Ölçme işlemleri

9.2.2.1. GPS ölçmeleri

GPS ölçülerini yapmak için aşağıdaki donanım kullanılmıştır.

1. Kontrol ünitesi iki adet (Leica CR 344)

2. GPS alıcısı iki adet (Leica SR 399)
3. Alet sehpa'sı iki adet (Wild)
4. Anten sehpa'sı bir adet
5. 12 Volt'luk güç kaynağı iki adet
6. Bağlantı kabloları

Ölçülerin yapılabilmesi için iyi bir uydu görünebilirliği (ölçü süresince en az 4 uydu) ve iyi bir GDOP ($GDOP < 8$) değeri gereklidir. Ölçülere başlamadan kontrol ünitesinin her görev için ayarlanması gerekir. Her görev için bir görev dosyası oluşturulur. Bu dosya aşağıdaki parametreleri içerir.

- 1 - Nokta Koordinat Girişi
- 2 - Uydu İzleme Parametreleri
- 3 - Ölçü Türü
- 4 - Veri Toplama Karakteristikleri
- 5 - Nokta Tanımlama Bilgileri

Ölçülere başlamadan önce günlük optimum gözlem periyodunu belirlemek için uyduların gökyüzü çizimleri (sky plots) optimum pencere, uydu sayısı-zamanı ve PDOP/GDOP grafikleri bilgisayarda incelenerek çalışma zamanı seçilmiştir. Aşağıda statik ölçülerin yapıldığı 29.04.1997 tarihinde uydu sayısı ve sky plot şekilleri sunulmuştur.

GPS ölçülerinin transformasyonunda kullanılmak üzere itay, 101, 102, 003, 010, 039 nolu poligon noktalarında Statik GPS ölçüleri yapılmıştır. Bu noktalardan İtay noktası sabit alınıp 003, 010, 039, 101, 102 nolu noktalarda 2,5 saat süre ile statik ölçüler yapılmıştır.

Bir GPS alıcısı sabit alıcı olarak itay noktasına kurulmuş kablo bağlantıları yapılmıştır. Alet yüksekliği ve ant.offset değerleri ölçülmüştür. CR344 kontrol cihazı açılarak nokta tanımlama bilgileri, alet yüksekliği, noktanın yaklaşık coğrafi koordinatları girilmiştir. CR344 Kontrol cihazında statik ölçü moduna girilip, ölçülere başlanmıştır.

Aynı şekilde 003, 010, 039, 101, 102 nolu poligon noktalarında aynı kayıt aralıklarında, her noktada 30 dakika süreyle gözlemler yapılmış ve datalar kaydedilmiştir.

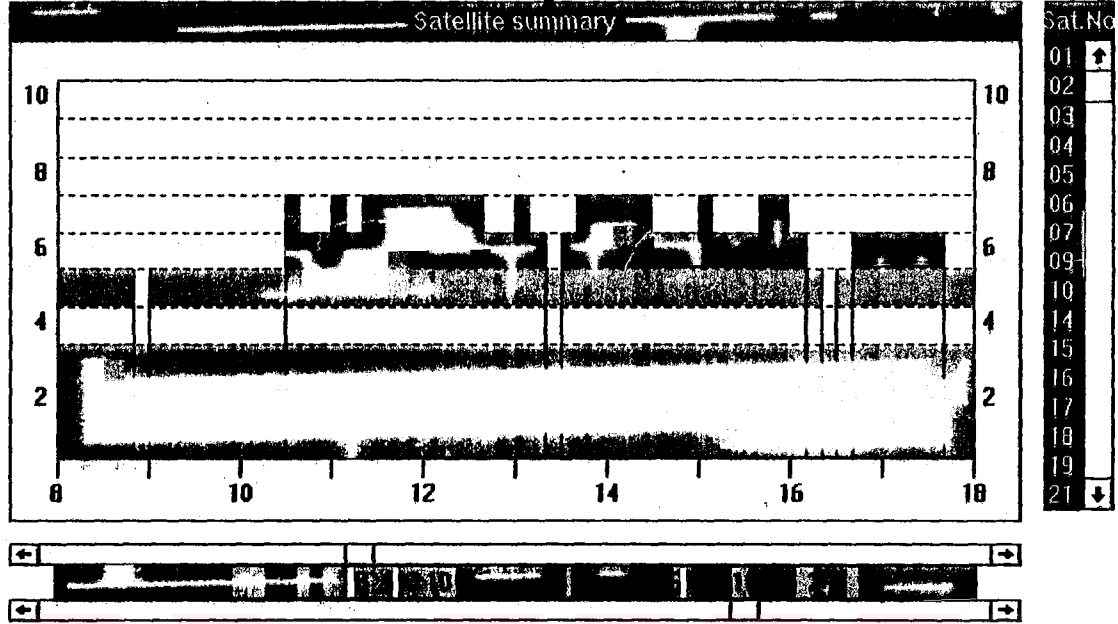
Dur ve git ölçüsü için GPS aletlerinden bir tanesi İnşaat Fakültesi üzerindeki 101 nolu noktaya kurularak Statik modda ölçülere başlanmıştır. Diğer alet hareketli alıcı olarak kabul edilerek 3 nolu poligon noktasına gelinmiş, anten

Istanbul 41°00'N 29°00'E 100m

Time: GMT+03.00

Date: 04/29/97 Window: 08.00 - 18.00 Cut-off angle: 15°

Almanac from: 05/01/97



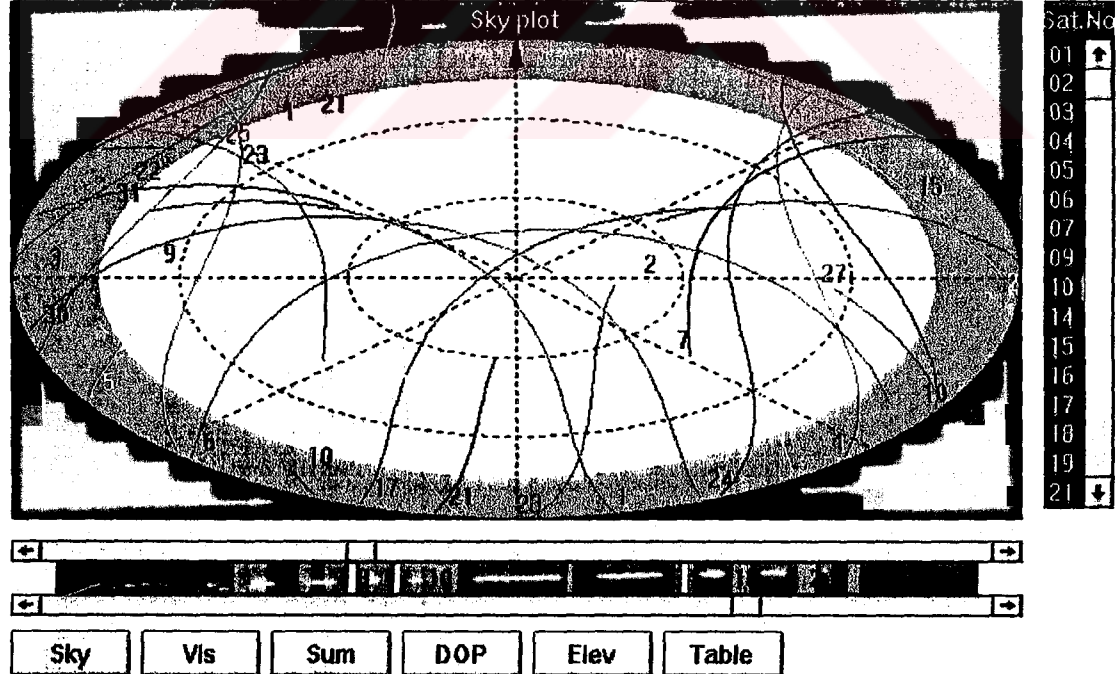
Şekil 9.1: Görünebilir Uydu Sayısı

Istanbul 41°00'N 29°00'E 100m

Time: GMT+03.00

Date: 04/29/97 Window: 08.00 - 18.00 Cut-off angle: 15°

Almanac from: 05/01/97



Şekil 9.2: Sky Plot

yüksekliği ve ant-offset değerleri ölçülerek CR344 kontrol ünitesine bu değerler girilmiş, Dur ve git ölçü modu (SGS) seçilmiş ve hareketli alıcı (rover) ilk noktada ambigüiteyi çözümü için yeterli olacak bir süre (100 epoch) gözlem yapılarak ölçülere başlanmıştır. Buna initialisation peryot denir. Bundan sonra sırasıyla araziye işaretlenen detay noktalarına gidilerek her noktada 4 saniye aralıkla 3 epoch' luk ölçü alınmıştır. Uydu bağlantısının kesildiği yerlerde reinitilizasyon işlemi yapılmıştır. Reinitilizasyon işleminin yapılması için bir sonraki açıktaki noktaya gelinerek 100 epoch gözlem yapılmıştır. Dur ve git yöntemi uydu sinyallerini engelleyen bir durumun bulunmadığı alanlarda, noktaların birbirlerine yakın olduğu, küçük alanların alımı için ideal bir yöntemdir.

Arazide özellikle yoğun ağaçların olduğu bölgeler ve binaların çok yakınındaki yerlerde sık sık uydu bağlantısı kesilmiş ve reinitilizasyon işlemi yapma zorunluluğu doğmuştur. Noktaların bütününde (513 nokta) gözlem yapıldıktan sonra alet kapatılmış ve büroya gelinerek kontrol ünitesindeki datalar bilgisayara aktarılmıştır.

9.2.2.2. Klasik Ölçüler

Klasik Takometrik ölçüler TOPCON GTS 701 elektronik total station aleti ile tek reflektör kullanılarak yapılmıştır. Poligon ağıımızı oluşturan 7 noktada iki yarım seri yatay açı ve karşılıklı kenar ölçüleri yapılmıştır.

Tablo 9.1 Kenar Ölçüleri

Kenar	Ölçü Değeri m .	Ortalama m.	İnd. Değeri mm.	İnd. Uzunluk m.
003-102	275.327 275.323	275.325	18	275.343
102-103	162.269 162.269	162.269	11	162.280
103-104	155.788 155.786	155.787	10	155.797
104-105	185.544 185.548	185.546	12	185.558
105-106	136.450 136.450	136.450	09	136.459
106-107	113.659 113.657	113.658	08	113.666
107-003	157.574 157.574	157.574	11	157.585

Poligon açı ölçüleri iki yarım silsile ölçülerek silsile ortalamaları alınmış ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

Karşılıklı olarak ölçülen poligon kenarları deniz seviyesine ve Gauss-Krüger projeksiyon düzlemine indirgenmiştir. Bu işlem için

$$a = \frac{Y_m^2}{2R^2} - \frac{H_m}{R} \quad (9.1)$$

$$V_s = a \cdot S \quad (9.2)$$

formülleri uygulanarak indirgeme değerleri bulunmuş, bulunan bu değerler ölçülen kenarlara eklenerek indirgenmiş kenar uzunlukları hesaplanmıştır.

Tablo 9.2 Poligon açıları

D. N	B. N	Seriler Ort.
003	Baliz	00.0000
	102	73.3960
	107	182.7640
102	103	00.0000
	003	113.3529
103	104	00.0000
	102	167.3072
104	105	00.0000
	103	128.6135
105	106	00.0000
	104	89.0434
106	107	00.0000
	104	277.5713
107	003	00.0000
	106	114.7612

Ortalamaları hesaplanan kenar ve açı değerleri alınarak aşağıdaki sabit nokta koordinatlarından yararlanılarak poligon hesabı yapılmış ve hesap çizelgesi aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 9.3 Sabit Noktaların Koordinatları

N.N.	Sağ Değer	Yukarı Değer	H
101	417 815, 291	4 552 890.136	105.920
003	417 962, 772	4 552 861, 065	94,925
039	418 204, 561	4 553 185, 009	124, 034

Tablo 9.4 Poligon Hesap Çizelgesi

N.N	Açı	Semtler	Kenar	ΔY	ΔX	Y	X
003	109.3680			7		417962.772	552861.065
		95.1738	157.585	157.132	11.935		
107	114.7850			5		418119.911	552873.000
		9.9336	113.666	17.664	112.285		
106	277.5610			6		418137.580	552 985.285
		87.4946	136.459	133.835	26.633		
105	89.0280			9		418271.421	553 011.918
		376.5304	185.558	-66.869	173.091		
104	128.6130			13	1	418204.561	553 185.009
		305.1434	155.797	-155.285	12.618		
103	167.3000			15	1	418049.263	553 197.626
		272.4434	162.280	-147.332	-68.029		
102	113.3450			25	3	417901.916	553 129.596
		185.7884	275.343	60.881	-268.528		
003	109.3680					417962.772	552 861.065
		(95.1738)					
	1000.0000		1186.688	$F_Y=0.053$	$F_X=0.005$		
	1000.0000		[S]				

$$f_B = 00^{CC}$$

$$(F_{\beta \text{ mak}} = 3^c .01)$$

Açı Kapanma Hatası:

$$F_{\beta \text{ mak}} = 1^c + \frac{150}{[S]} (n-1) \sqrt{n} \quad F_{\beta \text{ mak}} = 3^c .01 \quad (9.3)$$

$$F_{\beta} = 0^c .00$$

$$F_{\beta} < F_{\beta \text{ mak}}$$

Lineer Kapanma Hatası:

$$F_s = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad F_s = \sqrt{53^2 + 05^2} = 5.3 \text{ cm} \quad (9.4)$$

$$F_{s \text{ max}} = 0.01 \sqrt{[S]} \quad F_{s \text{ max}} = 0.01 \sqrt{[1186.831]} = 34.44 \text{ cm} \quad (9.5)$$

$$F_s < F_{s \text{ max}} \quad (9.6)$$

Koordinatları hesaplanan bu noktalara TOPCON GTS 701 aleti kurularak daha önce Dur ve git yöntemi ile ölçülen tüm noktalarda takeometrik alım yapılmıştır. (Toplam 579 Nokta)

9.3. Ölçülerin Değerlendirilmesi

9.3.1. Statik ölçülerin değerlendirilmesi

Statik yöntemle ölçülen 5 noktadan oluşan ana ağda ülke koordinat sistemindeki koordinat değerleri bilinmektedir. Ayrıca statik ölçüler için sabit nokta olarak alınan İtaz noktasının WGS 84 sistemindeki koordinatları da bilinmektedir.

Arazide ölçü sonucu Leica CR 344 kontrol ünitesindeki databanka kaydedilen ham datalar bilgisayar ortamına aktarıldı. Toplanan veriler Leica SKI (Static Kinematic Software) yazılımında yaratılmış olan projeye aktarıldı. Eş zamanlı toplanan GPS referans ve gezici istasyon verileri işaretlenerek değerlendirmeye hazır hale getirildi. İşaretlenen bazlar değerlendirmeye alınarak hesaplandı. Hesaplanan baz sonuçları incelenip veri tabanına kayıt edildi. Baz çözümleri tablosu aşağıda sunulmuştur.

Tablo 9.5: Statik ölçüler baz çözümleri tablosu

```
#####
GE_PS PROJECT SETTINGS
#####
Processing software : Leica SKI / Data processing version 2.1
General header    : LEICA AG, CH-9435 Heerbrugg
Project name      : serhan
Coordinate system  : WGS84
Time              : All results in local time (GPS + 0.00 hr)

#####
# GE_PP PROCESSING PARAMETERS #
#####
Cut-off angle (deg)      : 15
Tropospheric model      : Hopfield
Ionospheric model       : Standard
Ephemeris               : Broadcast
Data used               : Use Code and Phase
Phase Frequency         : Automatic
Code Frequency          : Automatic
Limit to resolve ambiguities (km) : 20
a priori rms (mm)       : 10
Sampling rate for static (sec) : Use all
Phase processing        : Automatic
Cycle slip detection    : Phase check & loss lock flag
Update rate for kinematic (epoch) : 1
Min. time to fix amb. - L1 only (min) : 9

#####
# GE_SS SATELLITE SELECTION #
#####
Manually disabled satellites : None
```

```
#####
# GE_IC INITIAL COORDINATES                                     #
#####
```

Point id : 000003

X 4208635.2664 m Y 2335091.2357 m Z 4171281.0286 m
Lat 41 06 17.49133 N Lon 29 01 22.70886 E h 115.8650 m

Point id : 000010

X 4208614.7268 m Y 2335406.1662 m Z 4171119.7837 m
Lat 41 06 10.67926 N Lon 29 01 34.93725 E h 111.4627 m

Point id : 000039

X 4208351.1980 m Y 2335205.9636 m Z 4171546.3159 m
Lat 41 06 28.07830 N Lon 29 01 32.91486 E h 145.0607 m

Point id : 000501

X 4208519.1718 m Y 2335781.6243 m Z 4170982.7687 m
Lat 41 06 5.23048 N Lon 29 01 50.99287 E h 95.7163 m

Point id : 000502

X 4208368.8472 m Y 2335859.6290 m Z 4171128.7267 m
Lat 41 06 10.78993 N Lon 29 01 57.04191 E h 121.1526 m

Point id : 0101

X 4208824.3616 m Y 2334833.8163 m Z 4171250.9718 m
Lat 41 06 15.89471 N Lon 29 01 9.13083 E h 126.5995 m

Point id : 0102

X 4208698.0953 m Y 2334957.1048 m Z 4171308.4829 m
Lat 41 06 18.37786 N Lon 29 01 16.37611 E h 126.2789 m

Point id : itay

X 4208802.7117 m Y 2334867.3179 m Z 4171259.4671 m
Lat 41 06 16.15932 N Lon 29 01 10.83638 E h 130.1651 m

```
#####
# BASELINE RESULTS                                             #
#####
```

Rov:itay Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 04/29/97 01:48:55 PM

Cartesian :

X 4208802.7124 m Y 2334867.3174 m Z 4171259.4638 m
dX -21.6492 m dY 33.5011 m dH 8.4920 m
sX 0.0002 m sY 0.0001 m sZ 0.0001 m

Geodetic :

Lat 41 06 16.15924 N Lon 29 01 10.83635 E h 130.1632 m
dLat 0.26453 dLon 1.70552 dh 3.5638 m
sLat 0.0001 m sLon 0.0001 m sh 0.0002 m

Distance :

Slope 40.7814 m sSlope 0.0001 m

Rov:0102 Ref:0101 Amb:N Proc: L1+L2 phase 04/29/97 10:57:40 AM

Cartesian :

X 4208698.0960 m Y 2334957.1043 m Z 4171308.4796 m
dX -126.2656 m dY 123.2880 m dH 57.5078 m
sX 0.0033 m sY 0.0038 m sZ 0.0019 m

Geodetic :

Lat 41 06 18.37778 N Lon 29 01 16.37607 E h 126.2770 m
dLat 2.48307 dLon 7.24525 dh -0.3224 m
sLat 0.0024 m sLon 0.0029 m sh 0.0038 m

Distance :

Slope 185.6073 m sSlope 0.0024 m

Rov:000003 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 04/29/97 10:20:50 AM

Cartesian :

X 4208635.2671 m Y 2335091.2352 m Z 4171281.0253 m
 dX -189.0945 m dY 257.4189 m dH 30.0535 m
 sX 0.0002 m sY 0.0001 m sZ 0.0002 m

Geodetic :

Lat 41 06 17.49124 N Lon 29 01 22.70882 E h 115.8632 m
 dLat 1.59653 dLon 13.57800 dh -10.7363 m
 sLat 0.0001 m sLon 0.0001 m sh 0.0002 m

Distance :

Slope 320.8184 m sSlope 0.0001 m

Rov:000010 Ref:000003 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 04/29/97 10:20:50 AM

Cartesian :

X 4208614.7268 m Y 2335406.1662 m Z 4171119.7837 m
 dX -20.5396 m dY 314.9305 m dH -161.2449 m
 sX 0.0002 m sY 0.0002 m sZ 0.0003 m

Geodetic :

Lat 41 06 10.67926 N Lon 29 01 34.93725 E h 111.4627 m
 dLat -6.81207 dLon 12.22840 dh -4.4024 m
 sLat 0.0002 m sLon 0.0001 m sh 0.0003 m

Distance :

Slope 354.4052 m sSlope 0.0001 m

Rov:000501 Ref:000010 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 04/29/97 00:12:55 PM

Cartesian :

X 4208519.1718 m Y 2335781.6243 m Z 4170982.7687 m
 dX -95.5550 m dY 375.4581 m dH -137.0150 m
 sX 0.0004 m sY 0.0002 m sZ 0.0004 m

Geodetic :

Lat 41 06 5.23048 N Lon 29 01 50.99287 E h 95.7163 m
 dLat -5.44878 dLon 16.05562 dh -15.7464 m
 sLat 0.0002 m sLon 0.0002 m sh 0.0005 m

Distance :

Slope 410.9412 m sSlope 0.0002 m

Rov:0102 Ref:000010 Amb:N Proc: L1+L2 phase 04/29/97 10:57:40 AM

Cartesian :

X 4208698.1128 m Y 2334957.1232 m Z 4171308.5004 m
 dX 83.3860 m dY -449.0430 m dH 188.7167 m
 sX 0.0037 m sY 0.0042 m sZ 0.0020 m

Geodetic :

Lat 41 06 18.37777 N Lon 29 01 16.37643 E h 126.3087 m
 dLat 7.69852 dLon -18.56082 dh 14.8460 m
 sLat 0.0027 m sLon 0.0031 m sh 0.0043 m

Distance :

Slope 494.1729 m sSlope 0.0034 m

Rov:000502 Ref:000010 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 04/29/97 00:46:15 PM

Cartesian :

X 4208368.8472 m Y 2335859.6290 m Z 4171128.7267 m
 dX -245.8796 m dY 453.4628 m dH 8.9430 m
 sX 0.0004 m sY 0.0002 m sZ 0.0003 m

Geodetic :

Lat 41 06 10.78993 N Lon 29 01 57.04191 E h 121.1526 m
 dLat 0.11067 dLon 22.10465 dh 9.6899 m
 sLat 0.0003 m sLon 0.0002 m sh 0.0005 m

Distance :

Slope 515.9121 m sSlope 0.0002 m

Rov:000039 Ref:000010 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 04/29/97 09:43:25 AM

Cartesian :

X 4208351.1980 m Y 2335205.9636 m Z 4171546.3159 m
 dX -263.5288 m dY -200.2026 m dH 426.5322 m

sX 0.0003 m sY 0.0002 m sZ 0.0002 m

Geodetic :

Lat 41 06 28.07830 N Lon 29 01 32.91486 E h 145.0607 m

dLat 17.39904 dLon -2.02239 dh 33.5980 m
sLat 0.0002 m sLon 0.0001 m sh 0.0003 m
Distance :
Slope 539.8687 m sSlope 0.0002 m

Rov:0101 Ref:000010 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 04/29/97 09:33:00 AM

Cartesian :

X 4208824.3616 m Y 2334833.8163 m Z 4171250.9718 m
dX 209.6348 m dY -572.3499 m dH 131.1881 m
sX 0.0001 m sY 0.0001 m sZ 0.0001 m

Geodetic :

Lat 41 06 15.89471 N Lon 29 01 9.13083 E h 126.5995 m
dLat 5.21545 dLon -25.80642 dh 15.1368 m
sLat 0.0001 m sLon 0.0001 m sh 0.0001 m
Distance :
Slope 623.4914 m sSlope 0.0001 m

Rov:000039 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 04/29/97 09:43:25 AM

Cartesian :

X 4208351.1977 m Y 2335205.9632 m Z 4171546.3159 m
dX -473.1639 m dY 372.1469 m dH 295.3441 m
sX 0.0002 m sY 0.0001 m sZ 0.0002 m

Geodetic :

Lat 41 06 28.07831 N Lon 29 01 32.91485 E h 145.0604 m
dLat 12.18360 dLon 23.78402 dh 18.4609 m
sLat 0.0001 m sLon 0.0001 m sh 0.0002 m
Distance :
Slope 670.5263 m sSlope 0.0001 m

Rov:000501 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 04/29/97 00:12:55 PM

Cartesian :

X 4208519.1710 m Y 2335781.6241 m Z 4170982.7701 m
dX -305.1906 m dY 947.8078 m dH -268.2017 m
sX 0.0002 m sY 0.0002 m sZ 0.0003 m

Geodetic :

Lat 41 06 5.23053 N Lon 29 01 50.99288 E h 95.7166 m
dLat -10.66418 dLon 41.86205 dh -30.8829 m
sLat 0.0002 m sLon 0.0001 m sh 0.0003 m
Distance :
Slope 1031.2192 m sSlope 0.0001 m

Cartesian :

X 4208368.8503 m Y 2335859.6282 m Z 4171128.7267 m
dX -455.5113 m dY 1025.8119 m dH -122.2451 m
sX 0.0003 m sY 0.0002 m sZ 0.0002 m

Çözülen baz vektörleri dengeleme hesabı programına aktararak dengeleme hesabı yapıldı. Dengeleme öncesi KOH 0.0006 m; dengeleme sonrası KOH 0.0006m ve varyans kovaryans matrisleri %0.46 yanılma olasılığı ile baz çözümlerinden hesaplanmıştır. Sonuç olarak ana ağ noktalarının WGS 84 sistemindeki dengelenmiş jeodezik koordinatları bulunmuştur.

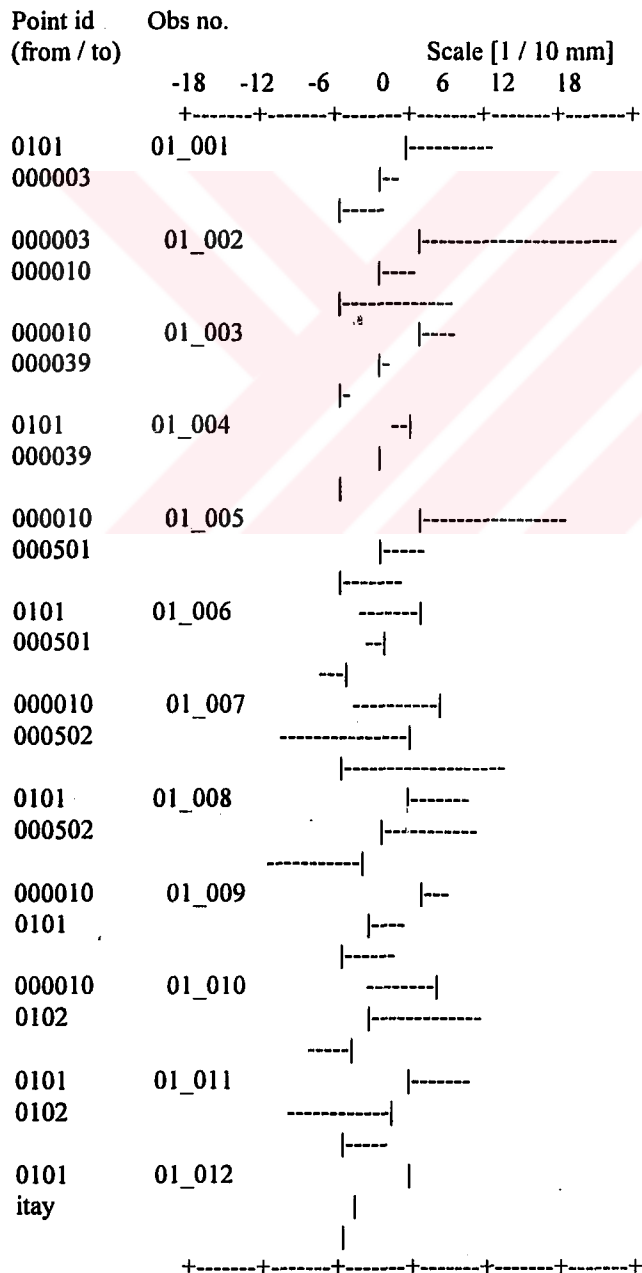
Tablo 9.6: Dengelenmiş jeodezik koordinatlar ve çözüm tablosu

Adjustment type	: Minimal constrained
Number of observations	: 36
Number of unknowns	: 21
Degrees of freedom	: 15
Number of groups	: 1
Sigma a priori	: 0.0006 [m]
Sigma a posteriori	: 0.0006 [m]

Vectors:

1

Geodetic residuals:



-18 -12 -6 0 6 12 18
Scale [1 / 10 mm]

Table with geodetic residuals:

<u>From point</u>	<u>To point</u>	<u>Obs no.</u>	<u>dLat</u>	<u>dLon</u>	<u>dHeight</u>
0101	000003	01_001	0.0008	0.0001	0.0004
000003	000010	01_002	0.0017	0.0003	0.0010
000010	000039	01_003	0.0004	0.0001	0.0001
0101	000039	01_004	-0.0002	-0.0000	-0.0001
000010	000501	01_005	0.0013	0.0004	0.0006
0101	000501	01_006	-0.0006	-0.0002	-0.0002
000010	000502	01_007	-0.0007	-0.0011	0.0014
0101	000502	01_008	0.0006	0.0008	-0.0008
000010	0101	01_009	0.0002	0.0003	0.0005
000010	0102	01_010	-0.0006	0.0010	-0.0004
0101	0102	01_011	0.0006	-0.0009	0.0004
0101	itay	01_012	0.0000	-0.0000	-0.0000

Reduced geodetic variance / covariance information:

000003	000010
1.47933 -0.13102 -0.13783	1.24312 -0.21648 -0.15699
-0.13102 1.73171 0.35808	-0.21648 1.44602 0.20953
-0.13783 0.35808 3.74212	-0.15699 0.20953 3.58228
000039	000501
1.27531 -0.31866 -0.20128	1.38526 -0.38889 0.07694
-0.31866 1.46144 0.31570	-0.38889 1.81482 0.07180
-0.20128 0.31570 3.88549	0.07694 0.07180 5.43754
000502	0101
1.82785 0.00764 -0.89318	0.57306 -0.16074 -0.06748
0.00764 1.67683 0.02183	-0.16074 0.81135 0.13643
-0.89318 0.02183 5.73455	-0.06748 0.13643 2.05232
0102	
3.86291 -0.31323 -0.98687	
-0.31323 3.76748 0.62517	
-0.98687 0.62517 9.66228	

Outlier detection:

Critical tau value: 3.02 for tuned Alpha: 0.46 [%]

<u>From point</u>	<u>To point</u>	<u>Obs no.</u>	<u>Stand. resid.</u>	<u>R[%]</u>
0101	000003	01_001	0.68	24.80
		0.08	25.52	
		2.32	24.76	
000003	000010	01_002	0.57	55.84
		0.10	57.90	
		2.28	56.99	
000010	000039	01_003	0.25	48.86
		0.02	50.81	
		0.46	49.55	
0101	000039	01_004	0.26	24.05
		0.00	27.20	
		0.49	26.42	
000010	000501	01_005	0.50	57.28
		0.14	59.62	
		1.10	60.55	
0101	000501	01_006	0.50	24.95
		0.14	25.96	
		1.10	26.37	
000010	000502	01_007	1.62	53.60
		0.31	42.75	
		0.43	53.45	
0101	000502	01_008	1.59	37.61
		0.42	34.27	
		0.29	28.47	
000010	0101	01_009	0.02	77.97
		0.34	81.44	
		0.45	79.44	
000010	0102	01_010	0.30	49.42
		0.73	49.09	
		0.61	48.79	
0101	0102	01_011	0.29	45.61
		0.73	45.42	
		0.60	45.21	
0101	itay	01_012	0.00	

Internal reliability (geodetic):

minimal detectable bias					
<u>From point</u>	<u>To point</u>	<u>Obs no.</u>	<u>Lat</u>	<u>Lon</u>	<u>Hgt</u>
0101	000003	01_001	0.0008	0.0023	0.0102
000003	000010	01_002	0.0008	0.0023	0.0102
000010	000039	01_003	0.0009	0.0020	0.0098
0101	000039	01_004	0.0009	0.0020	0.0097
000010	000501	01_005	0.0004	0.0020	0.0126
0101	000501	01_006	0.0004	0.0020	0.0126
000010	000502	01_007	0.0020	0.0010	0.0122
0101	000502	01_008	0.0019	0.0010	0.0122
000010	0101	01_009	0.0008	0.0022	0.0097
000010	0102	01_010	0.0021	0.0033	0.0177
0101	0102	01_011	0.0021	0.0033	0.0177
0101	itay	01_012	-----	-----	-----

External reliability (geodetic):

Point	dLat	dLon	dHgt
000003	0.0001	0.0003	0.0013
000010	0.0002	0.0002	0.0012
000039	0.0001	0.0001	0.0004
000501	0.0001	0.0001	0.0004
000502	0.0001	0.0001	0.0005
0101	-----	-----	-----
0102	0.0001	0.0001	0.0006

Adjusted geodetic coordinates:

itay	Lat: 41 6 16.051716 N	fixed
	Lon: 29 1 10.864276 E	fixed
	Hgt: 145.7823	fixed
000003	Lat: 41 6 17.383740 N ± 0.00072 [m]	
	Lon: 29 1 22.736720 E ± 0.00078 [m]	
	Hgt: 131.2237 ± 0.00115 [m]	
000010	Lat: 41 6 10.571742 N ± 0.00066 [m]	
	Lon: 29 1 34.965092 E ± 0.00071 [m]	
	Hgt: 127.0815 ± 0.00112 [m]	
000039	Lat: 41 6 27.970756 N ± 0.00067 [m]	
	Lon: 29 1 32.942711 E ± 0.00072 [m]	
	Hgt: 160.3349 ± 0.00117 [m]	
000501	Lat: 41 6 5.123015 N ± 0.00070 [m]	
	Lon: 29 1 51.020680 E ± 0.00080 [m]	
	Hgt: 111.3357 ± 0.00138 [m]	
000502	Lat: 41 6 10.682391 N ± 0.00080 [m]	
	Lon: 29 1 57.069634 E ± 0.00077 [m]	
	Hgt: 136.7728 ± 0.00142 [m]	
0101	Lat: 41 6 15.787190 N ± 0.00045 [m]	
	Lon: 29 1 9.158758 E ± 0.00053 [m]	
	Hgt: 142.2186 ± 0.00085 [m]	
0102	Lat: 41 6 18.272287 N ± 0.00117 [m]	
	Lon: 29 1 16.403032 E ± 0.00115 [m]	
	Hgt: 141.7622 ± 0.00184 [m]	

2-D and 1-D confidence regions

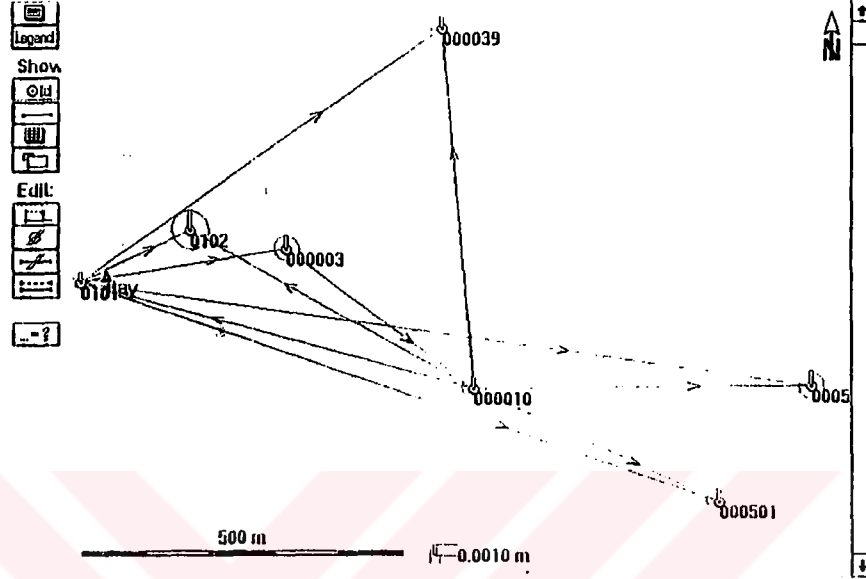
Confidence level: 68.00 %

1D expansion factor: 0.9946

2D expansion factor: 1.5096

Point	Semi major axis	Azimuth	Semi minor axis	Height
000003	0.0012	113.0	0.0011	0.0011
000010	0.0011	122.4	0.0009	0.0011
000039	0.0012	126.9	0.0009	0.0012
000501	0.0013	120.6	0.0010	0.0014
000502	0.0012	2.9	0.0012	0.0014
0101	0.0008	116.7	0.0006	0.0008
0102	0.0018	139.3	0.0017	0.0018

Çözülen baz vektörlerinden dengeleme öncesi KOH 0.0004m; dengeleme sonrası KOH 0.0004m ve varyans kovaryans matrisleri %0.46 yanılma olasılığı ile dengelenmiş kartezyen koordinatlar hesaplanmıştır.



Şekil 9.3 Ana ağ noktaları ve hata elipsleri

9.3.2. Dur ve git Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Detay alımı için 513 noktada yapılan Dur ve git ölçüleri bilgisayar ortamına aktarılmış ve SKI yazılımda değerlendirilmiştir.

Değerlendirmede cut oft angle 15° ve öncül (a priori) değer 20mm alınmıştır. İlk değerlendirme sonunda iyi sonuç vermeyen 176-202 noktaları arasında cut oft angle 12° ve a priori 20mm alınarak tekrar değerlendirme yapılmıştır. Baz çözümleri tablosu Tablo A4'de sunulmuştur.

Tablo 9.7: Dur ve git ölçüleri baz çözümleri tablosu

```
#####
GE_PS PROJECT SETTINGS
#####
```

Processing software : Leica SKI / Data processing version 2.1
 General header : LEICA AG, CH-9435 Heerbrugg
 Project name : sgs
 Coordinate system : WGS84
 Time : All results in local time (GPS + 0.00 hr)

```
#####
#  GE_PP PROCESSING PARAMETERS                                     #
#####
```

```
Cut-off angle (deg)           : 15
Tropospheric model            : Hopfield
Ionospheric model             : Standard
Ephemeris                    : Broadcast
Data used                    : Use Code and Phase
Phase Frequency               : L1 + L2
Code Frequency                : Automatic
Limit to resolve ambiguities (km) : 5
a priori rms (mm)            : 20
Sampling rate for static (sec) : Use all
Phase processing              : Automatic
Cycle slip detection          : Phase check & loss lock flag
Update-rate for kinematic (epoch) : 1
Min. time to fix amb. - L1 only (min) : 9
```

```
#####
#  GE_SS SATELLITE SELECTION                                     #
#####
```

Manually disabled satellites : None

```
#####
#  GE_IC INITIAL COORDINATES                                     #
#####
```

Reference :

Point id : 0101

```
X 4208836.2440 m  Y 2334841.1533 m  Z 4171258.7410 m
Lat 41 06 15.78719 N  Lon 29 01 9.15876 E  h 142.2186 m
```

```
#####
#  BASELINE RESULTS                                             #
#####
```

Rov:000001 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:01:54 AM

Cartesian :

```
X 4208646.9824 m  Y 2335098.4808 m  Z 4171288.6148 m
dX -189.2616 m  dY 257.3275 m  dH 29.8738 m
sX 0.0004 m  sY 0.0003 m  sZ 0.0004 m
```

Geodetic :

```
Lat 41 06 17.38338 N  Lon 29 01 22.73676 E  h 131.2206 m
dLat 1.59619  dLon 13.57801  dh -10.9979 m
sLat 0.0002 m  sLon 0.0002 m  sh 0.0006 m
```

Distance :

Slope 320.8268 m sSlope 0.0002 m

Rov:000002 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:06:42 AM

Cartesian :

```
X 4208647.0183 m  Y 2335100.2374 m  Z 4171287.8102 m
dX -189.2257 m  dY 259.0841 m  dH 29.0692 m
sX 0.0019 m  sY 0.0012 m  sZ 0.0017 m
```

Geodetic :

Lat 41 06 17.34490 N Lon 29 01 22.80184 E h 131.3575 m
 dLat 1.55771 dLon 13.64309 dh -10.8611 m
 sLat 0.0008 m sLon 0.0008 m sh 0.0026 m
 Distance:
 Slope 322.1428 m sSlope 0.0008 m

Rov:000003 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:07:21 AM

Cartesian:

X 4208646.6939 m Y 2335102.6990 m Z 4171286.7645 m
 dX -189.5501 m dY 261.5457 m dH 28.0235 m
 sX 0.0027 m sY 0.0017 m sZ 0.0024 m

Geodetic:

Lat 41 06 17.29995 N Lon 29 01 22.90083 E h 131.3561 m
 dLat 1.51276 dLon 13.74208 dh -10.8624 m
 sLat 0.0011 m sLon 0.0011 m sh 0.0037 m

Distance:

Slope 324.2232 m sSlope 0.0011 m

Rov:000004 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:07:51 AM

Cartesian:

X 4208645.9367 m Y 2335105.2237 m Z 4171286.1957 m
 dX -190.3073 m dY 264.0704 m dH 27.4547 m
 sX 0.0028 m sY 0.0018 m sZ 0.0025 m

Geodetic:

Lat 41 06 17.27407 N Lon 29 01 23.01119 E h 131.4062 m
 dLat 1.48688 dLon 13.85243 dh -10.8123 m
 sLat 0.0012 m sLon 0.0012 m sh 0.0038 m

Distance:

Slope 326.6555 m sSlope 0.0012 m

Rov:000005 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:08:18 AM

Cartesian:

X 4208644.6334 m Y 2335107.6939 m Z 4171286.2480 m
 dX -191.6106 m dY 266.5406 m dH 27.5070 m
 sX 0.0024 m sY 0.0015 m sZ 0.0022 m

Geodetic:

Lat 41 06 17.27409 N Lon 29 01 23.13085 E h 131.4849 m
 dLat 1.48690 dLon 13.97209 dh -10.7336 m
 sLat 0.0010 m sLon 0.0010 m sh 0.0033 m

Distance:

Slope 329.4164 m sSlope 0.0010 m

Rov:000006 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:08:57 AM

Cartesian:

X 4208637.1314 m Y 2335114.2915 m Z 4171290.5312 m
 dX -199.1126 m dY 273.1382 m dH 31.7902 m
 sX 0.0080 m sY 0.0052 m sZ 0.0072 m

Geodetic:

Lat 41 06 17.45029 N Lon 29 01 23.53407 E h 131.7698 m
 dLat 1.66310 dLon 14.37531 dh -10.4487 m
 sLat 0.0034 m sLon 0.0033 m sh 0.0109 m

Distance:

Slope 339.5010 m sSlope 0.0033 m

Rov:000007 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:09:27 AM

Cartesian:

X 4208633.7896 m Y 2335106.3172 m Z 4171298.6218 m
 dX -202.4544 m dY 265.1639 m dH 39.8808 m
 sX 0.0029 m sY 0.0019 m sZ 0.0026 m

Geodetic:

Lat 41 06 17.79263 N Lon 29 01 23.30473 E h 131.9719 m
 dLat 2.00544 dLon 14.14597 dh -10.2467 m
 sLat 0.0012 m sLon 0.0012 m sh 0.0040 m
 Distance :
 Slope 335.9913 m sSlope 0.0012 m

Rov:000008 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:10:00 AM
 Cartesian :

X 4208623.2721 m Y 2335111.7878 m Z 4171307.0911 m
 dX -212.9719 m dY 270.6345 m dH 48.3501 m
 sX 0.0022 m sY 0.0015 m sZ 0.0020 m

Geodetic :

Lat 41 06 18.13893 N Lon 29 01 23.72841 E h 132.6100 m
 dLat 2.35174 dLon 14.56965 dh -9.6086 m
 sLat 0.0009 m sLon 0.0009 m sh 0.0031 m
 Distance :
 Slope 347.7611 m sSlope 0.0009 m

Rov:000009 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:10:30 AM
 Cartesian :

X 4208617.2321 m Y 2335103.9456 m Z 4171318.7615 m
 dX -219.0119 m dY 262.7923 m dH 60.0205 m
 sX 0.0121 m sY 0.0079 m sZ 0.0109 m

Geodetic :

Lat 41 06 18.61762 N Lon 29 01 23.56011 E h 133.4361 m
 dLat 2.83043 dLon 14.40136 dh -8.7825 m
 sLat 0.0051 m sLon 0.0050 m sh 0.0166 m
 Distance :
 Slope 347.3161 m sSlope 0.0048 m

Rov:000010 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:11:09 AM
 Cartesian :

X 4208601.8483 m Y 2335106.2417 m Z 4171334.3149 m
 dX -234.3957 m dY 265.0884 m dH 75.5739 m
 sX 0.0028 m sY 0.0018 m sZ 0.0025 m

Geodetic :

Lat 41 06 19.26045 N Lon 29 01 23.96602 E h 134.3649 m
 dLat 3.47326 dLon 14.80726 dh -7.8537 m
 sLat 0.0012 m sLon 0.0012 m sh 0.0038 m
 Distance :
 Slope 361.8351 m sSlope 0.0011 m

Rov:000011 Ref:0101 Amb:Y Proc: L1+L2 phase 09/23/97 08:11:39 AM
 Cartesian :

X 4208593.5615 m Y 2335105.2659 m Z 4171344.5826 m
 dX -242.6825 m dY 264.1126 m dH 85.8416 m
 sX 0.0016 m sY 0.0010 m sZ 0.0014 m

Geodetic :

Lat 41 06 19.67576 N Lon 29 01 24.10175 E h 135.2986 m
 dLat 3.88857 dLon 14.94299 dh -6.9199 m
 sLat 0.0007 m sLon 0.0006 m sh 0.0021 m
 Distance :
 Slope 368.8076 m sSlope 0.0006 m

İstasyon noktası olarak seçilen 101 nolu noktanın koordinatları sabit alınarak
 dengeleme yapılmış, dengeleme öncesi K.OH. 0.068 m dengeleme sonrası KOH
 0.0130m olarak hesaplanmıştır.

Değerlendirme sonunda çözülen baz vektörleri dengeleme hesabı programına aktarılmış ve buradan 513 noktanın WGS 84 sisteminde dengelenmiş jeodezik koordinatları (B,L,h) hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo A1'de sunulmuştur.

Baz vektör çözümlerinden 101 nolu noktanın koordinatları sabit alınarak dengeleme öncesi KOH = 0.0084m; dengeleme sonrası KOH 0.0141m olarak hesaplanmış ve engelenmiş kartezyen koordinatlar bulunmuştur.

Dengelenmiş jeodezik koordinatlardan üç boyutlu dönüşümle detay noktalarının Gauss Kruger Projeksiyonunda sağ yukarı değerleri hesaplanarak Tablo Ek A2'de sunulmuştur.

WGS 84 Elipsoidine göre sağ ve yukarı değerler 2 boyutlu Helment benzerlik dönüşümü ile bölge içerisinde her iki sistemde koordinatları bilinen (101. 102.003.039 ve 010) eşlenik noktalarından yararlanılarak ülke koordinatlarına yani ED.50 datum koordinatlarına dönüştürülmüştür. İki boyutlu dönüşümün karesel ortalama hatası $m_0 = \pm 0,0068'$ dir. Verilen nokta koordinatları için yapılan uyuşum testi sonucu verilen koordinatların tamamının uyuşumlu olduğu görülmüştür.

Tablo 9.8 :Helmert benzerlik dönüşümü

İTÜ KAMPÜSÜ STATİK VE DUR VE GİT ÖLÇMELERİ

NOKTA NO	ESKİ		YENİ	
	X	Y	X	Y
101	552629.407	417610.887	552815.378	417645.375
102	552704.170	417780.789	552890.136	417815.291
3	552675.101	417928.274	552861.065	417962.772
39	552999.039	418170.074	553185.009	418204.561
10	552461.761	418211.266	552647.718	418245.761

ORTAK NOKTA SAYISI = 5

|S *S| = 411936.5107

**AĞIRLIK MERKEZİ
KOORDİNATLARI**

X = 4552693.896 Y = 417940.258

**DÖNÜŞÜM
KATSAYILARI**

A11	1.000005678
A12	0.000002837
A01	161.2922
A02	19.2059

ÖLÇEK KATSAYISI = 1.000005679920568000

DÖNÜKLÜK = 0.000181

HATA HESABI

TOPLAM VX = .0000 TOPLAM VY = .000000

TOPLAM VV =0.0002746

KONTROL VV 0.00027460

=

ORTALAMA 0.0068

HATA =

**ORTAK NOKTALAR İÇİN
VERİLEN KOORDİNATLAR****DÖNÜŞÜMLE BULUNAN KOORDİNATLAR**

<u>NOKTA</u>	<u>ESKİ</u> Y	<u>ESKİ</u> X	<u>YENİ</u> Y	<u>YENİ</u> X	<u>YENİ</u> Y	<u>YENİ</u> X
101	417610.887	552629.407	417645.375	552815.378	417645.379	4552815.373
102	417780.789	552704.170	417815.291	552890.136	417815.282	4552890.136
3	417928.274	552675.101	417962.772	552861.065	417962.768	4552861.067
39	418170.074	552999.039	418204.561	553185.009	418204.570	4553185.006
10	418211.266	552461.761	418245.761	552647.718	418245.761	4552647.725

FARK VEKTÖRLERİ

FARK=DÖNÜŞÜMLE BULUNAN KOORDİNAT-YENİ SİSTEMDEKİ KOORDİNAT

<u>NOK.NR</u>	<u>VX</u>	<u>TETAVX</u>	<u>TESTVX</u>	<u>VY</u>	<u>TETAVY</u>	<u>TESTVY</u>	<u>TETA-S</u>	<u>TEST-S</u>
	(M)	(M**2)		(M)	(M**2)	(M)	(M**2)	
101	-0.0480	0.0000	0.9629	0.0039	0.0000	0.6035	0.0001	0.7367
102	0.0001	0.0000	0.0003	-0.0089	0.0001	3.1808	0.0001	1.2726
3	0.0015	0.0000	0.537	-0.0041	0.0000	0.4197	0	0.1932
39	-0.0330	0.0000	0.4944	0.0092	0.0002	10.9810	0.0002	6.973
10	0.0065	1.0000	2.2957	-0.0001	0.0000	0.0005	0.0001	0.9187

<u>NOKTA NO</u>	<u>VX</u>	<u>VY</u>	<u>T</u>	<u>TAU = C</u>	<u>SONUC</u>
101	-0.005	0.004	0.899	1.643	UYUŞUMLU
102	0.000	-0.009	1.080	1.643	UYUŞUMLU
3	0.002	-0.004	0.514	1.643	UYUŞUMLU
39	-0.003	0.009	1.527	1.643	UYUŞUMLU
10	0.007	0.000	0.972	1.643	UYUŞUMLU

GÜZERGAH NO = 1

<u>VERİLENLER</u>			<u>DÖNÜŞÜMLE BULUNANLAR</u>		<u>S</u>		
<u>NR</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>	<u>MP</u>	<u>ESKİ</u>	<u>YENİ</u>
101	417610.887	4552629.407	417645.379	4552815.373	0.007	0	0
1	417928.275	4552675.090	417962.769	4552861.056	0.004	320.659	320.66
2	417929.780	4552673.886	417964.274	4552859.852	0.004	1.927	1.927
3	417932.074	4552672.473	417966.568	4552858.439	0.004	2.694	2.694
4	417934.640	4552671.646	417969.134	4552857.611	0.004	2.696	2.696

5	417937.433	4552671.615	417971.927	4552857.580	0.004	2.793	2.793
6	417946.902	4552676.945	417981.396	4552862.910	0.004	10.866	10.866
7	417941.669	4552687.566	417976.163	4552873.532	0.004	11.84	11.84
8	417951.675	4552698.139	417986.169	4552884.105	0.004	14.557	14.557
9	417947.914	4552712.950	417982.408	4552898.916	0.004	15.281	15.281
10	417957.607	4552732.675	417992.101	4552918.641	0.004	21.978	21.978
11	417960.918	4552745.451	417995.412	4552931.417	0.004	13.198	13.198
12	417964.521	4552755.639	417999.015	4552941.605	0.004	10.806	10.806
13	417969.447	4552763.315	418003.941	4552949.281	0.004	9.121	9.121
14	417975.333	4552772.751	418009.828	4552958.717	0.004	11.121	11.121
15	417976.356	4552764.088	418010.851	4552950.054	0.004	8.723	8.723
16	417981.985	4552756.241	418016.480	4552942.207	0.004	9.657	9.657
17	417980.203	4552752.091	418014.697	4552938.057	0.004	4.516	4.516
18	417975.381	4552742.851	418009.875	4552928.817	0.004	10.423	10.423
19	417979.440	4552731.251	418013.934	4552917.217	0.004	12.29	12.29
20	417992.733	4552735.531	418027.228	4552921.497	0.004	13.965	13.965
21	417997.987	4552739.349	418032.482	4552925.315	0.004	6.495	6.495
22	418013.914	4552728.771	418048.409	4552914.737	0.004	19.12	19.12
23	418025.772	4552717.608	418060.267	4552903.573	0.004	16.286	16.286
24	418036.112	4552704.788	418070.607	4552890.753	0.005	16.47	16.47
25	418039.499	4552694.945	418073.994	4552880.910	0.005	10.409	10.409
26	418017.698	4552693.199	418052.193	4552879.164	0.004	21.871	21.871
27	417995.602	4552687.062	418030.096	4552873.027	0.004	22.932	22.933
28	417969.240	4552684.103	418003.734	4552870.068	0.004	26.528	26.528

GPS ile elde edilen yüksekliklerin WGS 84 elipsoidal yükseklikler olmasına karşın uygulamada yerel yükseklikler kullanılmaktadır. Bu nedenle GPS yüksekliklerinin kullanılan yerel sisteme dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bölge içerisinde her iki sistemde koordinatları bilinen üç noktadan (101, 039, 003) yararlanarak WGS 84 Elipsoidal yükseklikleri (h) ve ortometrik yükseklikleri (H) bilinen noktalardan yararlanılarak $N=h-H$ formülünden Jeoid yüksekliği hesaplanmıştır.

Tablo 9.9: Jeoid yüksekliği hesabı

N.N	h	H	N
003	131.223	94.925	36.298
039	160.334	124.034	36.300
101	142.219	105.920	36.299

Bu değer WGS - 84 elipsoid yüksekliklerinden çıkılarak noktaların ortametrik yükseklikleri (H) hesaplanmıştır.

Böylece tüm noktaları WGS 84 sisteminde üç boyutlu dik koordinatları ile Hayford elipsoidine göre ED 50 datumunda dik koordinatları hesaplanmıştır. Detay noktalarının ED 50 durumundaki dik koordinatları Tablo Ek A3'de sunulmuştur.

9.3.3. Klasik ölçü sonuçlarının irdelenmesi

Poligon noktalarında yapılan takeometrik okumalardan 579 noktanın ülke koordinat sisteminde XYZ koordinatları hesaplanmıştır. Detay noktalarının ED 50 datumundaki dik koordinatları Tablo A 3 olarak diskette sunulmuştur.

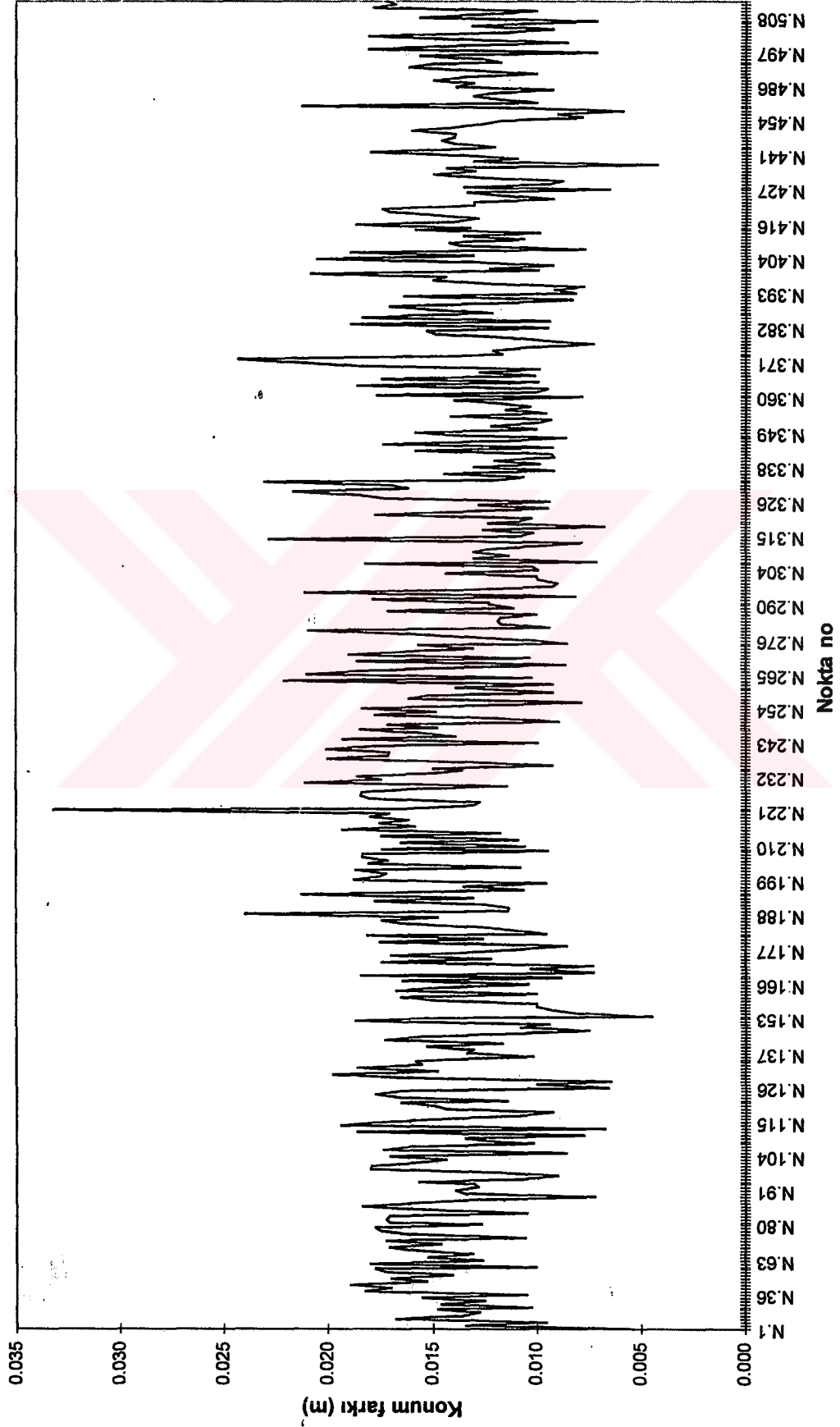
9.4. Çizim İşlemi:

Her iki yöntemle koordinatları hesaplanan noktalar NETCAT yazılımı ile 1/1000 ölçeğinde çizilerek bölgenin haritası yapılmıştır. GPS Dur ve git ölçülerinden üretilen 1/1000 ölçekli harita ve takeometrik ölçülerden üretilen 1/1000 ölçekli harita diskette sunulmuştur.

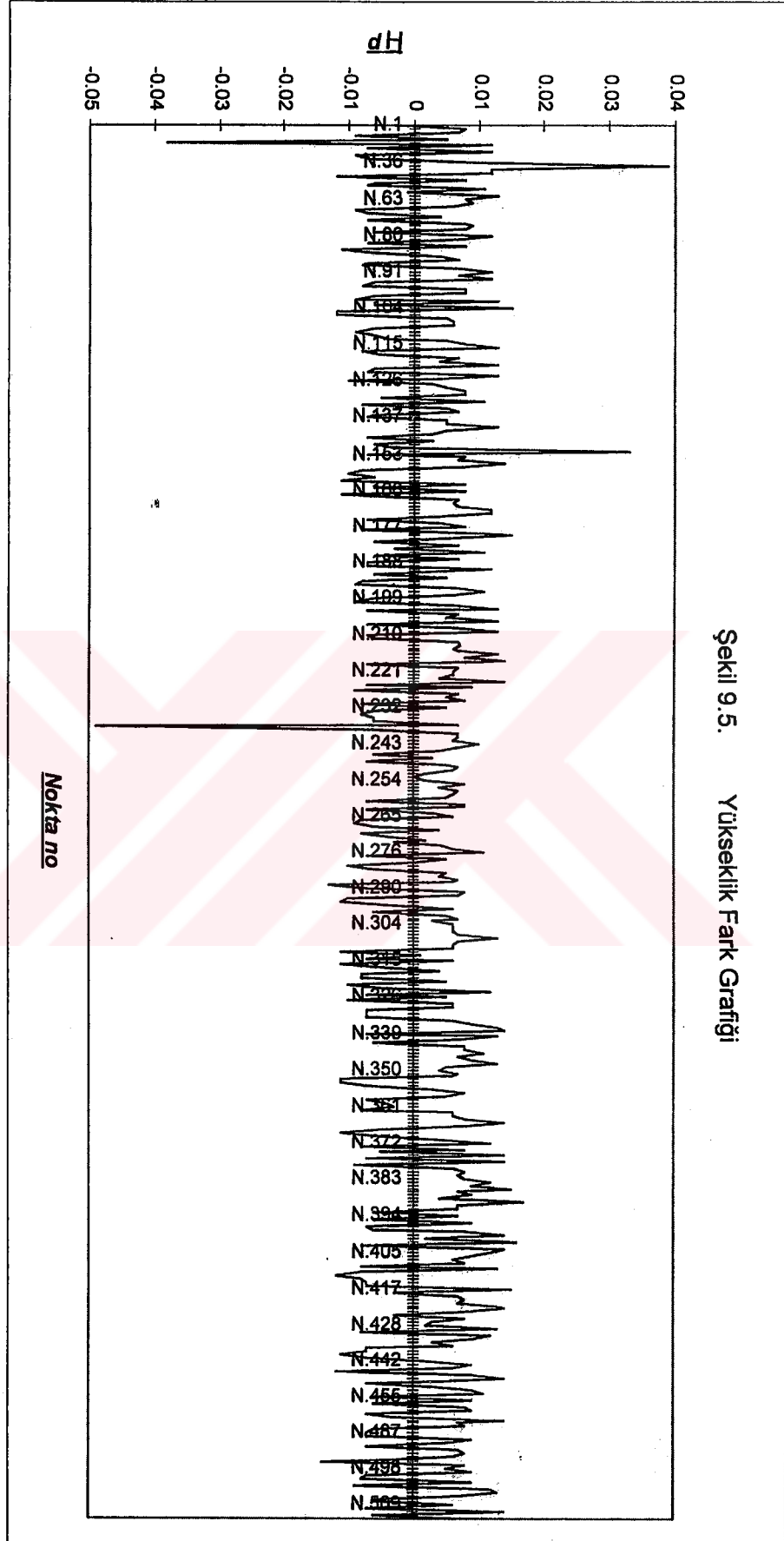
9.5. Detay noktalarının karşılaştırılması

GPS Dur ve git ve Takeometrik yöntemle ölçülen bölgedeki ortak 437 noktanın ülke koordinat sisteminde hesaplanan XYZ değerleri, iki ölçü sonucu arasındaki dx, dy, dH farkları, ds konum farkları hesaplanarak Tablo A3 olarak diskette sunulmuştur. Bunlara ilave olarak grafik gösterimde eşlenik (ortak) noktadaki ds konum farkları ve dH yükseklik farkları aşağıda sunulmuştur.

Şekil 9.4. Konum Fark Grafiği



Şekil 9.5. Yükseklik Fark Grafiği



Aşağıdaki tabloda 12 saniyelik (3 sn * 4 epoch) GPS Dur ve git ölçüleri sonucu buluna XYZ değerleri ile takeometrik ölçüler sonucu bulunan XYZ değerleri arasındaki minimum, maksimum ve ortalama dX, dY, dH farkları görülmektedir.

Tablo :9.10 Maksimum, minimum fark tablosu

Nokta No		Nokta No		Nokta No	
357	dY _{min} 0.002	307	dX _{min} 0.001	154	dH _{min} 0.004
279	dY _{max} 0.021	221	dX _{max} 0.032	238	dH _{max} 0.049
	dY _{ort} 0.009		dX _{ort} 0.009		dH _{ort} 0.018

9.6. Zaman Karşılaştırması

Ana ağda yapılan statik ölçüler 180 dakika, Dur ve git ölçüleri 250 dakika olmak üzere toplam 430 dakikada GPS ölçüleri tamamlanmıştır.

Poligon noktalarının ölçülmesi 150, detay ölçülerinin yapılması 480 dakikada tamamlanmıştır. Toplam 630 dakikada takeometrik ölçüler tamamlanmıştır.

Görüldüğü gibi GPS ölçülerinde %47'lik bir zaman tasarrufu söz konusudur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İki ölçü yöntemi karşılaştırıldığında $dX_{ort} = 0.009m.$, $dY_{ort} = 0.009m.$ $dH_{ort} = 0.018m.$ fark değerleri ile yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Uydu sinyallerini kesen (bina, ağaç v.b.) engellerin olmadığı ve noktaların birbirine yakın olduğu alanlarda Dur ve git ölçüleri doğruluk ve zaman açısından iyi sonuçlar vermektedir.

Detay alımı için biri birini gören sabit noktalar tesis etme zorunluluğu olmadığından Dur ve git ölçülerinde daha fazla hareket serbestliği vardır.

Meteorolojik koşullardan (sis, yağmur, güneş v.b.) klasik ölçüler kadar etkilenmediğinden bu konuda Dur ve git ölçüleri daha avantajlıdır.

GPS ölçülerinin en büyük dezavantajı uydu sinyallerini engelleyen yapılaşmış alanlarda ve yoğun bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda sinyal alınabilen uydu sayısının dördün altına düşmesinden dolayı uydu bağlantısının kesilmesidir. Nitekim diskette sunulan haritalar incelendiğinde bazı bölgelerde GPS ölçülerinin yapılamaması nedeni ile iki haritada farklılıklar görülecektir.

KAYNAKLAR

AKSOY, A. ; GÜNEŞ, İ.H. (1990a) : Jeodezi I, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası 1990, İstanbul.

AKSOY, A. ; GÜNEŞ, İ.H. (1990b) : Jeodezi II, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası 1990, İstanbul.

ALTİNER, Y. (1992) GPS'in ana Hatları HKM Dergisi 1992 Sayı 71 Ankara.

ARSLAN, E ; (1997), GPS Koordinatlarından Ülke Koordinatlarına Dönüşüm. 6. Harita Kurultayı. 3-7 Mayıs 1997, Ankara

ARSLAN, E. (1987) : İki ve Üç Boyutlu Dengeleme Modellerinin Uygulamalı Karşılaştırması, Doktora Tezi , İ.T.Ü. 1987, İstanbul.

AYAN, T. ; BAYKAL, O. ; AKSOY, A. DENİZ, R. ; BAZ, İ. ; ARSLAN, E. ; ŞAHİN, M. ; COŞKUN, M.Z. ; İNCE, C.D. ; ÜSTÜNTAŞ, T.(1996) : Zonguldak GPS Ağı Projesi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi 1996

CHEN, R. (1991) Reports of The Finish Geodetic Intitute on the Horizontal Crustal Deformations in Fnland , Helsinki

COUNSELMAN , CC. (1981) Miniature interferometer terminals for earth surveying - MITES . CSTG Bulletein vol 3 , International Activities , Technology and Mission Developments

DMA (1987) : DMA Technical Report, Supplement to Department of Defense World Geodetic Sysyem 1984 (WGS84) Technical Report, Part I DMA, Building 56 U.S. Naval Observatory, Washigton, DC 20305-3000.

DECKER , BL. (1986) . World Geodetic System 1984. In Proceedings of The Fourth International Geodettic Symposium on Satellite Positioning , Austin , Teksas , April 28- May 2 , vol 1: 69-92

EVANS ,AG . (1986) . Comparison of GPS pseudorange and biased Doppler range measurements to demonstrate signal multipath effects . In: Proceedings of the Forth Intrrnational Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Austin, Teksas , April 28-May 2 ,vol 1 : 573- 578

- FERGUSON, KE. AND VEATCH, ER. (1990) Centimeter level surveying in real time. Proceedings of the Second International Geodetic Symposium on Precise Positioning with Global Positioning System, Ottawa, Canada, September 3-7 vol 1: 1185-1195
- FREI, E. AND BEUTLER, G. (1990). Rapid Static Positioning based on the fast ambiguity resolution approach : alternative to kinematic positioning in : Proceedings of the Second International Geodetic Symposium on Precise Positioning with Global Positioning System, Ottawa, Canada, September 3-7 vol 1: 1196-1215
- HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER, H. AND COLLINS, J. (1992). GPS Theory and practice, 326pp
- HOFMANN-WELLENHOF, B. AND REMONDI, BW. (1988). The antenna exchange : one aspects of high precision GPS kinematic survey. In Grothen E. Strauss R. (eds) GPS techniques applied to geodesy and surveying. Springer Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo, 261-267
- KILIÇOĞLU, A. (1996) : Jeodezide Dönüşümler, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü 1996.
- KLEES, R. (1990). Anwendung des NAVSTAR/Global Positioning System in der kanadischen Landes- vermessungsnachrichten, 97(3) : 117- 120, and 97 (4) 138-157
- KRAKIWSKY, E.J. ; THOMSON, D.B. (1974) : Mathematical Methods for the Combination of Terrestrial and Satellite Networks, The Canadian Surveyor, Vol.28, No.5.
- LAMBECK, K. (1988) Geophysical Geodesy the Slow Deformation of The Earth Oxford Science publications, 718pp
- LEICK, A. (1990) : GPS Satellite Surveying, John Wiley & Sons.
- MEKIK, C. (1993) Tropospheric path delay modelling in GPS relative positioning UKGA General Assembly, Oxford, UK, April.
- MICHAEL, A.D.(1991)GPS and the Cadastral Survey, GPS World May 1991 38-41.
- MONTGOMERY, H. (1991). GPS - the next generation. GPS World, 2(10) : 12-16
- MORITZ, H. (1980). Advanced Physical Geodesy, Herberi Wichman verlag Karlsruhe, Germany and Abacus Press Tunbridge Wells Kent, UK, 500pp.
- PAYNE, CR. (1982). NAVSTAR Global Positioning System : 1982. In : Proceedings of the third International Symposium on Satellite Doppler Positioning, New Mexico State university, February 8-12, vol. 2: 993-1021.

- PERRAULT, PD. (1980). Description of The Global Positioning System (GPS) and the STI Receivers. CSTG Bulletin vol.2, Technology and Mission Developments.
- REMONDI, BW. (1984). Using the Global Positioning System (GPS) phase observable for relative geodesy : modelling, processing and results. University of Texas at Austin, Center for Space Research.
- REMONDI, BW. (1985). Global Positioning System carrier phase : description and use. Bulletin Geodesique, 59 : 361-377.
- REMONDI, BW. (1988). Kinematic and pseudo kinematic GPS. In : Proceedings of Satellite Division Conference of the Institute of Navigation, Colorado Springs, Colorado, September 21-23.
- REMONDI, BW. (1991). Kinematic GPS results without static initialization. NIC , Rockville, Maryland, NOAA Technical Memorandum NOS NGS-55.
- REMONDI, BW. (1991). The Global Positioning System, Military Engineer , 84(545) :31-36.
- SEEBER, G. (1993) Satellite Geodesy, Walter de Gruyter, Berlin-New York 531pp.
- SIMS, ML. (1985). Phase center variation in the geodetic TI4100 GPS receiver system's conical spiral antenna. In : Proceedings of the first International Symposium on Precise Positioning, with the Global Positioning System, Rockville, Maryland, April 15-19. Vol :1 227-244.
- ŞAHİN, M. (1993). Aspects of Stochastic and Functional Modelling for Precise baseline determination in Satellite Geodesy. (PhD thesis), 211pp.
- ŞAHİN C.(1995). GPS, in gelişimi ve geleceği. Yüksek lisans tezi, İTÜ. 1995 İstanbul.
- WELLS, D. (1985). Recommended GPS terminology. In : Welsch WM, Lapine LA (eds) : Proceedings of the Joint Meeting of FIG Study Groups 5B and 5C on Inertial, Doppler and GPS measurements for national and Engineering Survey, Munich, July 1-3. Schriftenreihe der Universitat der Bundeswehr München, Vol : 20-1 : 179-207.
- UZEL, T., EREN, K., (1995) Global Positioning System Ölçmeleri YTÜ İstanbul.
- VANICEK, P. , KRAKIWSKY, E. (1992) : Geodesy : The Concepts, North Holland Publishing Company, Amsterdam-New York.
- WELLS, DE., BACK N., DELIKARAOĞLU, D., KLEUBERG, A., KRAKIWSKY, EJ., LACHAPPELLE, G., LANGLEY, RB., VANICEK, P. (1987). Guide to GPS positioning Canadian GPS Associates, Fredericton, New Brunswick, Canada.
- WOODEN, WH. (1985). NAVSTAR Global Positioning System : 1985 .In : Proceedings of the first International Symposium on Precise Positioning, with the Global Positioning System, Rockville, Maryland, April 15-19. Vol:123-32

- WOLFRUM, O. (1992) : Merging Terrestrial and Satellite Networks by a Ten Parameter Transformation Model, Manuscripta Geodetica, Vol.17, No.5.
- Ackroyd , N. And Lorimer ,R . (1990). Global Navigation a GPS user's guide . Lloyd's of London ,London



ÖZGEÇMİŞ

25.12.1961 tarihinde Kahramanmaraş'ta doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Kahramanmaraş'ta tamamladı. Lisans öğrenimini 1984 yılında Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı.

1985 yılında T.K.I. Genel Müdürlüğü'nde Harita ve Kadastro Mühendisi olarak göreve başladı. 1993 yılına kadar çeşitli müesseselerde görevini sürdürdü.

1993 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi'nde Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. 1995 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı.

Evli ve iki çocuk babasıdır.

ÜRSAT GÖRÜM
KADASTRO
KADASTRO