

TİCARİ GPS YAZILIMLARINDA EN UYGUN BAZ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

İ. Sanlioglu¹, C. İnal¹

¹Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, Konya, sanlioglu@selcuk.edu.tr

¹Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, Konya, cevat@selcuk.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Uluslararası GPS Servisi ürünleri kullanarak GPS verisini işlemede taşıyıcı dalga başlangıç faz belirsizliklerinin sabit olmasının gerekliliği ve her yazılımın en uygun baz çözüm yöntemi araştırılmıştır. Araştırma Ashtech Office Suite 2.0, Pinnacle 1.0, Static Kinematic Software 2.3, Trimble Geomatics Office 1.5 GPS veri işleme yazılımları ile yapılmıştır. Test ağı çoğu İtalya'da olmak üzere İtalya-Avusturya-Fransa arasındaki bölgede bulunan 19 sabit GPS istasyonundan oluşmaktadır. Test ağında bazlar 3 ile 250 km arasındadır. Kullanılan yazılımların en iyi sonuçları hassas efemeris kullanarak elde edilmiştir. AOS, SKI, TGO yazılımlarında iyonosferik etkiden bağımsız BFB kesirli çözüm tipi en iyi sonucu vermiştir. Pinnacle yazılımında en iyi sonuç özel geniş aralık BFB sabit çözümde elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: GPS, Veri İşleme Yazılımı, Uluslararası GPS Servisi (IGS), Ashtech Office Suite 2.0, Pinnacle 1.0, SKI 2.3, Trimble Geomatics Office 1.5

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF THE OPTIMUM BASELINE PROCESSING METHODS IN THE COMMERCIAL GPS PROCESSING SOFTWARES

In this study, the necessity of that carrier beat phase ambiguities fix in GPS data processing and the optimum baseline processing methods were investigated by using products of the International GPS Service for Geodynamics (IGS). Study had been made by Ashtech Office Suite 2.0, Pinnacle 1.0, Static Kinematic Software 2.3, Trimble Geomatics Office 1.5 GPS data processing softwares. The test network consists of 19 permanent GPS stations, most of them are in Italy, in the region between Italy-Austria-France. The baselines are between 3-250 kilometers in the test network. The best results of the used softwares had been obtained by using precise ephemerides. Iono-free float solution type had demonstrated the best result in AOS, SKI and TGO. The best result had been obtained by special wide-lane fixed solution type in Pinnacle software.

Keywords: GPS, Processing Software, International GPS Service for Geodynamics (IGS), Ashtech Office Suite 2.0, Pinnacle 1.0, SKI 2.3, Trimble Geomatics Office 1.5

1. GİRİŞ

NAVSTAR GPS (Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System; Global Konum Belirleme Sistemi) uydu bazlı konum ve zaman belirleme sistemidir. Şu anda sistem dünyanın herhangi bir yerinde, asker ve sivil herkes için, sürekli ve ortak bir referans sisteminde; hassas, üç boyutlu konum, hız ve zaman bilgisi sağlamaktadır.

GPS son yıllarda dünyada olduğu kadar ülkemizde de çok kullanılmaya başlamıştır. Bu artış ile beraber GPS alıcıları ve veri işleme ve dengeleme yazılımları da tüm sektörün kullanımına hızla girmiştir. Yazılım konusunda firmaların verdikleri eğitim yetersiz olmaktadır. Ülkemizde devlete ait önemli harita üreten ve özel sektörün yaptığı haritaları kontrol eden bir kısım kurumların da bu gelişmeye paralel olarak hareket edemediği gözlenmektedir.

Ülkemize giren ticari yazılımlar belli bir noktaya kadar ihtiyacımızı karşılayabilmektedir. Yazılımların algoritmalarının ayrıntısı kullanıcılar tarafından çok fazla bilinmemektedir. Gerek yazılım firmalarının bu konudaki gizliliği gerekse bu yazılımları satan firmaların çoğunun yazılımlar konusunda tam eğitim verecek bilgi ve tecrübeye sahip olmamaları ve ayrıca yazılımların tamamıyla İngilizce olmasından dolayı bu GPS yazılımlarından tam olarak yararlanılamamaktadır.

Bu çalışmanın amacı yukarıdaki fikirlerden yola çıkarak; IGS ürünleri kullanarak, ticari GPS yazılımlarının veri işleme modüllerinde en uygun baz çözüm yöntemini araştırmaktır.

Araştırma Ashtech Office Suite 2.0 (AOS), Pinnacle 1.0, Statik Kinematic Software 2.3 (SKI), Trimble Geomatics Office 1.5 (TGO) GPS veri işleme yazılımları ile yapılmıştır. Kullanılan test ağı çoğu İtalya'da olmak üzere İtalya Avusturya-Fransa arasındaki bölgede bulunan 19 sabit GPS istasyonundan oluşmaktadır.

1.1. Yazılımların Karşılaştırılması ile İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Teknolojideki son gelişmeler sayesinde GPS sisteminin performansını düşüren sınırlamalar azaldı. Böylece sivil uygulamalarda çok geniş bir yelpaze oluştu. Sivil kullanıcıların sistemi daha iyi kullanmaya başlamalarından itibaren GPS ile ilgili yazılmış kitap ve diğer yayınlarda büyük ve hızlı artış meydana geldi (Hofmann-Wellenhof ve diğ., 1997; Leick, 1995; Parkinson ve Spilker, 1996; Rizos, 1999; Teunissen ve Kleusberg, 1998).

Genellikle yukarıda sözü edilen kitaplarda veri işlemenin teorisi anlatılmıştır. Buna karşılık ticari yazılımların sonuçlarını karşılaştırmada yayın sayısının kısıtlı olduğu söylenebilir. Örneğin Satirapod (1997)'de 13,49, 127 ve 197 km'lik dört bazda Leica (model SR399)ve Trimble (model 4000 SSE) firmasına ait alıcılar kullanılmış ve aynı firmalara ait SKI 2.1 ile GPSURVEY 2.0 yazılımlarında GPS ölçüleri işlenmiştir. Sonuçların referans olarak alınması için her iki alıcının ölçüleri Bernese 4.0'da işlenmiştir. Uygulama sonucunda 13 ve 49 km'lik bazlarda GPSURVEY'den elde edilen maksimum doğruluk SKI'den daha iyi, 127 ve 197 km bazlarda SKI'den elde edilen maksimum doğruluk GPSURVEY'den daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bhuj deprem bölgesinde yapılan bir çalışmada GPSURVEY, TGO, Bernese yazılımlarında elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Baz uzunlukları 18 km'den 69 km'ye kadar değişen 9 bazda ölçüler yapılmıştır. Veri işleme sonucunda bazların KOH'ı (karesel ortalama hata) GPSSURVEY yazılımında $\pm(9-38 \text{ mm})$ aralığında, TGO yazılımında $\pm(10-45 \text{ mm})$ aralığında, Bernese yazılımında KOH $\pm(1.4-14.7 \text{ mm})$ aralığında elde edilmiştir (Likhar, 2002).

ABD'de CORS Ağında (Continuously Operating Reference Stations) CORS'yi tanıtmak amacıyla yapılan hassas konum belirleme ile ilgili olarak bir dizi test vardır. Bu testlerin birinde çift frekanslı taşıyıcı faz verileri incelenmiştir. Test ağında 26 km'den 300 km'ye kadar 11 adet baz vardır. Testte hassas efemeris kullanılmaktadır. Oturumlarda gözlem süreleri 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24 saat olarak değişmektedir. 24 saatlik gözlemlerde bazların kuzey (*north*), doğu (*east*) bileşenlerine ait KOH'lar $\pm 0.5 \text{ cm}$ altında, düşey (*up*) bileşeninde ise KOH $\pm 1.5 \text{ cm}$ altındadır. 12 saatlik gözlemlerde yatay konum doğruluğu $\pm 6 \text{ mm}$, düşey konum doğruluğu $\pm 21 \text{ mm}$ 'dir. Dört oturumda aynı baz bileşenlerine ait KOH'lar iki kat azalmaktadır. Ayrıca baz uzunluğunun, GPS ölçmelerinin duyarlılığında çok az bir etkisi olduğu ve sürekli olarak taşıyıcı faz ölçülerinin işlenmesinde hassas efemerisin kullanılması gerektiği bildirilmektedir (Snay ve Miller, 2001).

Bu araştırmaların yanında ABD'de kurumların yapmış olduğu test raporları da mevcuttur. FGCS (Federal Geodetic Control Sub-Committee) testleri olarak adlandırılan bir dizi test vardır. Yayın efemerisinin kullanıldığı testlerde çift frekanslı alıcılarla uzun bazlarda iyonosferik düzeltmeyi dikkate alarak, L3 iyonosferden bağımsız faz kombinasyonu tercih edilmiş, kısa bazlarda ise bu kombinasyon kullanılmamıştır. Bu testlerde %67 güvenirlikle sabit hata 0.3 ile 1 cm, baz uzunluğuna bağlı hata 1 ile 2 ppm olmak üzere elde edilen maksimum baz hatalarının $ds^2 = [(0.3 \text{ ile } 1 \text{ cm})^2 + (1 \text{ ile } 2 \text{ ppm})^2]$ sınırları içinde kaldığı belirtilmiştir (Rizos, 1999).

Yazılımların karşılaştırılması ile ilgili olarak yapılan çalışmaların daha çok GAMIT, Bernese, GIPSY gibi bilimsel yazılımlar üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Springer ve diğ., 1994; Vigny ve diğ., 2002; Altınar ve diğ., 1997; McClusky ve diğ., 2000; Jaldehag ve diğ., 1996). Bu araştırmalarda genellikle bölgesel ağların analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar; periyotlar arası istasyonların dengelenmiş koordinatlarındaki değişimlerdir. Yapılan çalışmalarda bu koordinat değişimlerinin sebepleri araştırılmıştır.

2. UYGULAMADA KULLANILAN TİCARİ GPS YAZILIMLARI

Uygulama Ashtech Office Suite 2.0, Pinnacle 1.0, Static Kinematic Software 2.3, Trimble Geomatics Office 1.5 GPS veri işleme yazılımları ile yapılmıştır. Tablo 1'de ise bu yazılımların veri işleme özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

AOS 2.0 yazılımı dört ayrı paket halinde satılmaktadır. Bu nedenle, bileşenler bu alman paketlere göre değişmektedir. Seçenekli bileşenleri sayesinde kullanıcıya gereksinimleri doğrultusunda bütçesine göre en uygun

YAZILIMIN ADI	AOS 2.0	PINNACLE	SKI2.3	TGO 1.5
VERİ İŞLEME İÇİN ÖN HAZIRLIK ÖZELLİKLERİ				

YAZILIMIN ADI	AOS 2.0	PINNACLE	SKI2.3	TGO 1.5
Ölçü Öncesi Arazi Planlama Modülü Mevcut mu?	Evet	evet	evet	evet
Bazların Tamamı Otomatik Düzenlenebiliyor mu mu?	Evet	evet	evet	evet
Otomatik olarak Bağımsız Bazlar Düzenlenebiliyor mu?	Hayır	hayır	evet	evet
Yüklemeden Sonra kullanıcı Oturum Gözlemlerini Düzenleyebiliyor mu?	evet	evet	evet	evet
Elle (Otomatik Olmayan) Çözüm Yapıyor mu	evet	evet	evet	evet
IGS Verilerini Otomatik İnternetden İndirebiliyor mu?	hayır	evet	hayır	hayır
BAZ VERİ İŞLEME ÖZELLİKLERİ				
Baz Veri İşleme Vektör Seçimli veya Oturum Şeklinde mi?	vektör-vektör	her ikisi	her ikisi	vektör-vektör
GLONASS verisini işleyebilir mi?	evet	evet	hayır	hayır
Hassas Efemeris Verisinin Girişine Mevcut Olduğu Zaman İzin Verir mi?	evet	evet	evet	evet
Kinematik Veri ile Statik Veriyi Beraber İşleyebilir mi?	evet	evet	evet	evet
Kinematik Ölçülerde On-The-Fly Tekniği Kullanıyor mu?	evet	evet	evet	evet
Çoklu Çözüm Tiplerini Sağlar mı? (triple difference, widelane)	evet	evet	kısıtlı	evet
Sonuçları Grafik Şekilde Gösterir mi?	evet	evet	evet	evet
İstatistiki Kalite Kontrolleri (faktörleri) Mevcut mu?	evet	evet	hayır	evet
Lup Kapanmasına ait Bilgileri Liste Halinde Gösterir mi?	evet	evet	seçimli	evet
Kalite Kontrol Göstergeleri Elle Düzenlenebiliyor mu?	evet	evet	hayır	evet
Diğer Üreticilerin Alıcılarına ait Ölçüleri Kendi Formatlarında İşleyebiliyor mu?	evet	hayır	hayır	hayır
Anten Faz Merkezi Kütüphanesi Mevcut mu?	evet	evet	hayır	evet
Dünya Dönme Parametreleri Dosyasını Kullanabilir mi?	hayır	hayır	hayır	evet

Tablo 1: Yazılımların karşılaştırmalı özellikleri

kombinasyonları seçme olanağı vermektedir. Uygulamada yazılımın “enterprise” paketi kullanıldığı (en geniş özelliklere sahip, en pahalı paket) için bu pakete göre bileşenler tanımlanmıştır. Yazılım GLONASS ölçülerini işleyebilir. Yazılım bilinen pek çok değişik firmalara ait alıcıların ölçülerini doğrudan işleyebilir, Yazılım total station, digital nivo ölçülerini işleyebilir ve GPS ölçüleri ile beraber dengeleyebilir (Spectra Precision Terrasat GmbH Germany and Ashtech Inc.USA, 1999). AOS 2.0 yazılımının enterprise paketinde kullanıcılara sunulan bileşenler: Dosya (File), Düzenleme (Edit), Bakış (View), Proje (Project), Veri işleme (Process), Dengeleme (Adjust), Dönüşüm (Transform), Araçlar (Tools), Seçenekler (Options), Pencere (Window), Yardım (Help)’dir.

Pinnacle 1.0 yazılımı tek paket olarak satılmaktadır. RINEX formatlı veri girişi haricinde bileşenlerinin hepsi standarttır. Yazılım GLONASS ölçülerini işleyebilir. Yazılım RINEX modülü ile ile Hatanaka formatlı dosyaları doğrudan okuyabilir. IGS veya ulusal sabit GPS referans istasyonlarına ait internet adresinden ftp yolu ile RINEX dosyalarını alıp kullanabilir.(Topcon Corp., 2003). Pinnacle 1.0 yazılımının kullanıcılara sunulan standart bileşenler: Proje (Project), Araçlar (Tools). Bakış (View), Ayar (Setup), Pencere (Window), Olay Düzenleyici (Event Editor) ve Yardım (Help)’dir. Araçlar menüsündeki proje sihirbazı sayesinde proje yönetimi, veri yükleme ve işleme, dengeleme,kontrol veri listelerinin oluşturulması ve koordinat dönüşüm işlemleri ve rapor alma işlemleri adım adım bu bileşen içinde yapılır. Gözlem planlama ve anten kütüphanesine erişim bu bileşen içindedir. Ayar menüsünde veri işleme ve dengeleme ayarları yapılır. Olay düzenleyici kinematik ölçüleri işler. Bu bileşen çözüm penceresinde görülmektedir.

SKI 2.3 yazılımı pek çok bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerinin bazıları standarttır. Seçenekli bileşenleri sayesinde kullanıcıya gereksinimleri doğrultusunda bütçesine göre en uygun kombinasyonları seçme olanağı vermektedir. RINEX bileşeni ile tüm diğer firmalara ait alıcıların gözlemlerini işleyebilir (Leica, 1997). SKI 2.3 yazılımının kullanıcılara sunulan standart bileşenler,: Ayarlama (Configuration), Hazırlık (Preparation), Proje (Project), Yükleme (Import), Veri İşleme (Data Processing), Bakış/Düzenleme (View/Edit), Faydalar (Utilities), Yardım (Help) dir. SKI yazılımının kullanıcılara sunulan seçenekli bileşenleri: Ağ Dengeleme (Network Adjustment), Dizayn ve Dengeleme (Design and Adjustment), Datum/Harita (Datum/Map), RINEX Yükleme (RINEX Import), Otomatik Program (Auto Program) ve AROF veri işleme seçeneği (AROF; Ambiguity resolution on the fly processing) dir. Dizayn ve dengeleme bileşeni klasik yersel ölçülerinin girişine ve ağ dizaynına olanak sağlar, Datum/harita, datum tanımlamaları ile koordinat dönüşümlerinin yapıldığı bileşendir RINEX formatlı veri girişi;yükleme bileşeni altında görülür. Otomatik Program, yazılımın bazı işlemlerini otomatik hızlı yapan bileşendir. AROF tekniği ile başlangıç faz bilinmeyişi çözümü, veri işleme bileşeni altında görülür

TGO 1.5 yazılımı pek çok bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerinin bazıları standarttır. Yazılımının kullanıcılarına sunulan seçenekli bileşenleri, WAVE baz işleme modülü ve ağ dengeleme modülüdür. Wave modülü ile tüm diğer firmalara ait alıcıların gözlemlerini işleyebilir. Yazılım total station ölçülerini işleyebilir ve GPS ölçüleri ile beraber dengeleyebilir.(Trimble Nav. Ltd., 2001). TGO 1.5 yazılımının kullanıcılarına sunulan standart bileşenler: Dosya (File), Düzenleme (Edit), Yapıştırma (Insert), Seçme (Select), Ölçme (Survey) ve Dengeleme (Adjust), Raporlar (Reports), Pencere (Window), Yardım (Help) dir. Yapıştırma veri tabanına yeni nokta, doğru, eğri yükler. Seçim; proje ortamında detay seçerek özellik sorgulama yapar. Ölçme de ise veri işleme ayarları, veri işleme, koordinat dönüşümü, yükseklik dengelemesi, ekran üzerinden koordinat okuma işlemi yapılabilir. Bu standart bileşenlerde seçenekli modüller alınmazsa aktif değildirler. Yazılımın datum tanımlamaları gibi pek çok uygulaması alt programları tarafından yapılmaktadır.

3. UYGULAMA

İyonosferin GPS ölçülerine etkisi orta enlemlerde daha az olduğu için seçilecek test ağının Türkiye ile aynı enlemlerde olması arzulanı. Bazları seçerken koordinat farklarını tam ve doğru kontrol edebilmek için koordinatları ve hızları ITRF2000’de tanımlı istasyonlar olmasına dikkat edildi. Baz uzunlukları 3- 200 km arasında her 10 km bir artacak şekilde, 200 km’den sonra iki adet 20-30 km aralıklı baz seçildi. Bu bazların uç noktalarındaki istasyonlar büyük bir kısmı İtalya’da olmak üzere İtalya-Avusturya-Fransa arasındaki bölgede olup toplam 19 adettir (Şekil 1). İstasyonlarda kullanılan alıcı-anten tipi ve anten yükseklikleri ile hız düzeltmesi getirilmiş 2002.16 epoğundaki ITRF2000 koordinatları Tablo 2’de verilmektedir. Tablo 3’te ölçme modelleme ve kullanılan IGS dosyaları hakkında bilgiler bulunmaktadır.



Şekil 1: Test ağında bulunan sabit GPS istasyonları (IGS, 2002)

SİTE ADI	ALICI TİPİ	ANTEN TİPİ	ANTEN YÜKSEKLİĞİ (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
BZRG	LEICA CRS1000	LEIAT504 wchokering	0.2120	4312657.5496	864634.6150	4603844.4128
CAME	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.0000	4542009.1897	1058964.1868	4336932.9183
CAVA	LEICA RS500	LEIAT504 wchokering	0.0274	4372204.6301	975914.9127	4524895.2585
COSE	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.0000	4750531.5950	1390089.5335	4010089.6189
ELBA	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.0000	4616533.9688	831568.6126	4307569.9520
GENO	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.0000	4507892.3614	707621.4288	4441603.4736
GRAS	TURBO ROGUE SNR-12RM	DORNE MARGOLIN T Wchokering	0.0350	4581690.9440	556114.7773	4389360.7478
HFLK	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	-0.0200	4248505.1055	855575.6918	4667172.2518
MATE	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.1010	4641949.6103	1393045.3700	4133287.4111
MEDI	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.0000	4461400.7980	919593.5265	4449504.7262
NOVA	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.0000	4431899.1764	671367.1713	4522512.2131
PADO	TRIMBLE 4700	TRM29659.00	0.0000	4388882.0857	924567.4067	4519588.6940
PATK**	TRIMBLE 4000SSI	DORNE MARGOLIN T wchokering	-0.0250	4255736.0765	862759.8746	4659191.4366
PAVI	TRIMBLE 4700	TRM29659.00	0.0000	4444603.3183	714786.0406	4503373.2105
PRAT	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.0280	4518264.2128	886376.6329	4399019.3025
SFEL	LEICA RS500	LEIAT504 wchokering	0.0270	4396376.7464	957869.5371	4505424.7808
TORI	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.0000	4472544.4006	601634.2918	4492545.1604
VEVE	TRIMBLE 4700	TRM29659.00	0.0000	4379724.8182	957495.8327	4521605.2059
VOLT	LEICA RS500	LEIAT504 wchokering	0.0278	4390693.1715	926138.4467	4517506.9827

PATK **: PATK istasyonunun hassas koordinatları elde edilemediğinden bu istasyonun koordinatları BZRG, GRAZ, HFLK, VENE, WTZR, ZIMM sitelerinin koordinatları sabit alınarak dengeleme sonucu bulundu

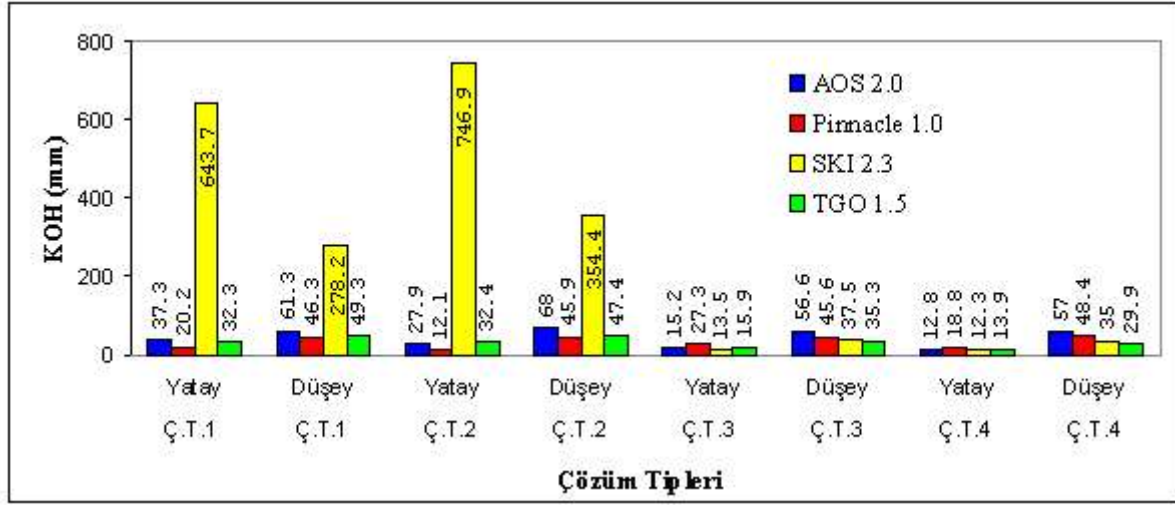
Tablo 2: Seçilen sabit GPS İstasyonlarına ait bilgiler (epok 2002.16)

GPS Gözlemleri	İyonosferik düzeltmeli L1 ve L2 taşıyıcı faz ve ikili fark alma (double difference) yöntemi. Alıcı saat hatası için pseudo-range gözlemleri Yükseklik engel açısı 15°. Ölçü aralığı (epok) 30 saniye. IGS, IFAG ve ASI kurumlarına ait ölçüler, AUTO0580.02N navigasyon dosyası
Gözlem Tarihi	27 Şubat 2002 (1155. GPS haftası, yılın 58. günü)
GPS Konum Belirleme Tekniği	Statik
Troposferik Model	Hopfield, yoksa default model
İyonosferik Model	Tek katmanlı ve yazılımın default modeli
Koordinat ve hız datumu	ITRF2000: ITRF2000 GPS.SNX (Lareg, 2002) ve Caporali ve diğ (2003)
Analiz yöntemi	Baseline mode (tek bazlı veri işleme) (Bock, 1998)
Alıcı anteni faz merkezi düzeltmeleri	IGS01.PCV dosyasına göre yükseklik bağımlı faz merkezi düzeltmeleri (AOS), Bu dosyayı kullanmayan yazılım için NGS anten kalibrasyon değerleri (Pinnacle, TGO), SKI için değer girişi (NGS, 2002; IGS, 2004)
Dünya Dönme Parametresi	TGO yazılımı için IGS02P1155.ERP dosyası , S>100 km için
Hassas Efemeris	26-27-28 Şubat 2002 tarihli IGS SP3 formatlı dosya

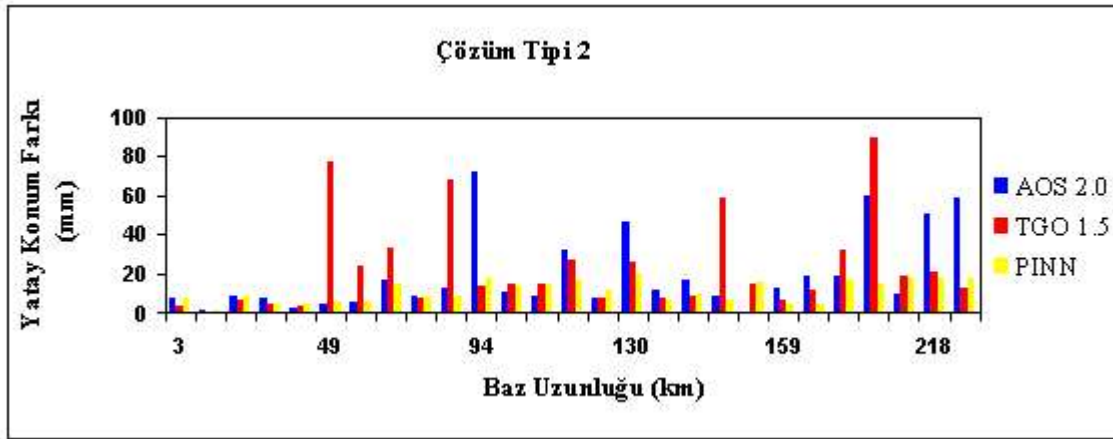
Tablo 3: Ölçü Modelleme ve Kullanılan IGS dosyaları

Yazılımların çözüm tipleri (kullanılan frekans tipi veya frekans kombinasyonu) incelendi. Her yazılımın en iyi sonucu veren çözüm tipi (Ç.T.) uygulamada kullanıldı. En iyi çözüm tipleri gerek yazılımın adlandırmasından olsun gerekse sonuçlardan olsun her yazılımda farklı adla karşımıza çıkmaktadır. Çözüm tipini seçiminden sonra başlangıç faz belirsizliğinin (BFB) sabit veya kesirli olmasının sonuçlara etkisini araştırmak için en iyi çözüm tipi ile beraber BFB sabit ve BFB kesirli çözümleri elde edildi. Bu çözümlerde hassas efemerisin sonuçlara ne kadarlık bir iyileştirme getirdiğini, gerekliliğini ortaya koymak için yayın efemeris ile hassas efemeris ayrı ayrı kullanılmak üzere “Ç.T. 1:Yayın efemerisi ve BFB Sabit çözüm, Ç.T. 2: Hassas efemerisi ve BFB Sabit çözüm, Ç.T. 3 Yayın efemerisi ve BFB Kesirli çözüm, Ç.T. 4:- Hassas efemerisi ve BFB Kesirli çözüm” şeklinde çözüm grupları oluşturuldu.

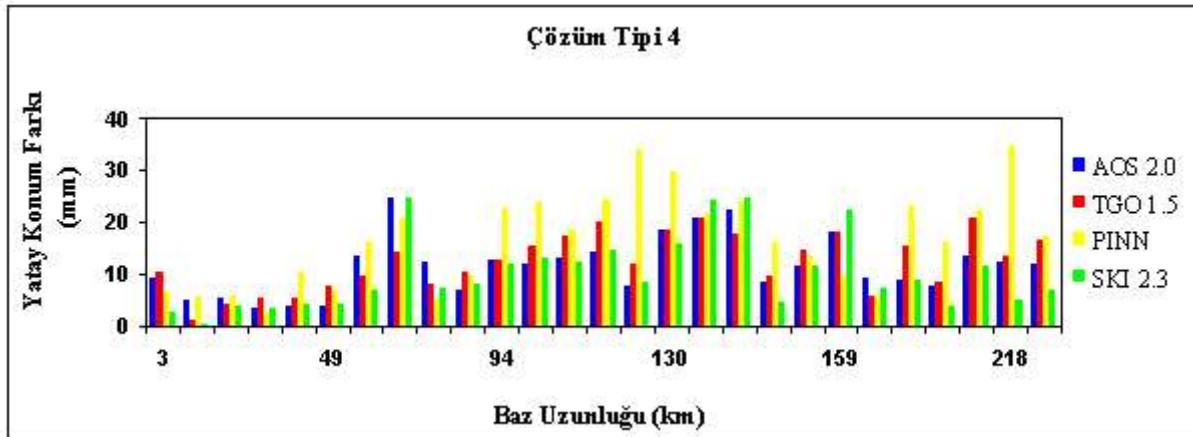
Yazılımlarda hesaplanan yatay ve düşey konumların karesel ortalama hataları incelendiğinde Pinnacle yazılımın BFB sabit çözümü en iyi sonuc verirken buna karşılık AOS, SKI ve TGO yazılımları BFB kesirli çözüm en iyi sonucu vermiştir (Şekil 2). Bu sonucu destekleyen grafikler Şekil 3'te ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Yer darlığı sebebiyle diğer çözüm tiplerine ait grafiklere yer verilememiştir.



Şekil 2: Yazılımların çözüm tiplerine göre yatay ve düşey konumdaki karesel ortalama hataları



Şekil 3: Hassas efemerisin kullanıldığı BFB sabit çözümlerde baz uzunluğuna karşılık yatay konum farkları (mutlak değer). SKI 2.3 yazılımına ait farklar büyük olduğundan grafiğe dahil edilmemiştir.



Şekil 4: Hassas efemerisin kullanıldığı BFB kesirli çözümlerde baz uzunluğuna karşılık yatay konum farkları (mutlak değer)

3. SONUÇ

Araştırmanın sonuçlarına göre her yazılımda en iyi sonuçlar hassas efemeris kullanarak elde edildi. AOS, SKI, TGO yazılımlarıyla iyonosferden bağımsız kesirli (*Iono-free float*) çözüm tipi en iyi sonucu verdi. Bu çözüm yöntemi ile yatay konumda elde edilen karesel ortalama hatalar yazılımların sırasına göre ± 12.8 mm, ± 12.3 mm, ± 13.9 mm, düşeyde ± 57.0 mm, ± 35.0 mm, ± 29.9 mm'dir. Pinnacle yazılımında en iyi sonuç özel geniş aralık BFB sabit çözümde (*Wide-Lane Fixed*) elde edildi. Bu çözüm yöntemi ile yatay konumda elde edilen karesel ortalama hata ± 12.1 mm, düşeyde ± 45.9 mm'dir.

KAYNAKLAR

- Altiner, Y. Franke, P., Habrich, H., Kahveci, M., Kaplan, M., Seeger, H., 1997, GPS Measurements in the Mudurnu Valley From 1990-1995, International Symposium on GIS/GPS, September 15-18, sayfa 224-234, İstanbul, Turkey.
- Bock, Y. 1998, Medium Distance GPS Measurements, GPS for Geodesy kitabında bir bölüm , Teunissen, P.J.G ve Kleusberg, A. (Eds), 1998, SpringerVerlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Caporali, A., Maseroli, R., Pierozzi, M., 2003, ETRS89 Coordinates at Epoch 10.07.2002 for Seventeen Permanent GPS stations in Italy (and additional 22 reference EPN sites in Italy, France, Switzerland and Austria) April 2003, the Annual EUREF Symposium, Toledo (Spain) 4-6 June 2003.
- Ghosh, R., Jayaprasad, P., Narender, B., Anjum, M.A., Sunanda, P., Trivedi, Rana, Y. P. ve Srivastava, P. K. 2001, Comparative Evaluation And Validation of Single And Dual Frequency GPS Observations, The Asian GPS Conference 2001, October 29-30, New Delhi, India.
- Hofmann-Wellenhof B, Lichtenegger H., Collins J., 1997. Global Positioning System: Theory and Practice, Springer-Verlag/Wien, New York
- Jaldehyag, R.T.K., Johansson, J.M., Ronnang, B.O., Elosegui, P., Davis J.L., Shapiro, I. I., 1996, Geodesy Using The Swedish Permanent GPS Network: Effects of Snow Accumulation on Estimates of Relative Site Positions, Geophysical Research Letter, volume 23, sayfa 1601-
- Leica, 1997, SKI-Documentation, G2-545-Oen, Leica AG, Heerbrugg, Switzerland.
- Leick A., 1995. GPS Satellite Surveying, Second Edition, Department of Surveying Engineering, University of Maine, Orono, John Wiley & Sons Inc.
- Likhar, S., Kulkarni M. N., Tomar, V.S. Pillai, P. 2002, A Comparative Study of Results From GPS Data Processing Software, The Asian GPS Conference 2002, October 24-25, New Delhi, India.
- McClusky, S., Balassanian, s., Barka, A., Demir, C. Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger R., Sanli, İ., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M., Veis, G., 2000, Global Positioning System Constraints On Plate kinematics and dynamics In The Mediterranean and Caucasus, Journal of Geophysical Research, Volume 105, Sayfa 5695-5719.
- Parkinson, B. W., Spilker Jr., J.J., 1996, Global Positioning System: Theory and Applications (Vol.1), American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, Washington D.C.
- Rizos, C., 1999, Principles and Practice of GPS Surveying, version 1.1 The University of New South Wales, Australia, September. Last updated 03.06.2004 (http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/).
- Satirapod, C., 1997, Comparative Study of Accuracies Obtainable from Commercial GPS Hardware and Software, Master thesis, (Abstract), Department of Survey Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand
- Snay, R., ve Miller, M., 2001, Using CORS (*Continuously Operating Reference Stations*) Workshop, In Cooperation With The Land Surveyors' Association of Washington, NGS and Central Washington Univ. November 9.
- Spectra Precision Terrasat GmbH, Germany and Ashtech Inc., USA, 1999, Ashtech Office Suite Users Manual, Vers. 2.0, P/N 630804, Germany and USA.
- Springer T.A., Ambrosius B.A.C., Noomen, R., Herzberger, K., 1994, Results of The Wegener/GPS-92 Campaign, Geophysical Research Letters 21(16), pp.1711-1714.
- Teunissen, P.J.G ve Kleusberg, A. 1998, GPS for Geodesy, SpringerVerlag, Berlin, Heidelberg, New York,
- Topcon Corp., 2003, Pinnacle Reference Manual, Processing, Vers. 1.0, Japan.
- Trimble Navigation Limited, 2001, Trimble Geomatics Office, Wave Baseline Processing Guide, Vers. 1.5 P/N.39685-10-ENG, Sunnyvale, U.S.A.
- Vigny, C., Chery, J., Duquesnoy, T., Jouanne, F., ammann, J., Anzidei, M., Avouac, J. P., Barlier, F., Bayer, R., Briole, P., Calais, E., Cotton, F., Duquenne, F., Feigl, K.L., Ferhat, G., Flouzat, M., Gamond, J.F., Geiger, A., Harmel, a., Kasser, M., Laplanche, M., Le Pape, M., Martinod, J., Menard, B., Ruegg, J.C., Scheubel, J.M., Scotti, O., Vidal, G., 2002, GPS Network Monitors The Western Alps' Deformation Over A Five Year: 1993-1998, Journal of Geodesy, volume 76, sayfa 63-76. Springer-Verlag.

Web Adresleri

IGS, 2002; Euref haritası, SP3 formatlı hassas efemeris, ERP dosyası, Uluslararası GPS Servisi (IGS), ABD

<http://igsb.jpl.nasa.gov/>

<http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/dbShowArraySitesMap.cgi?array=EUREF>, 18 Aralık 2002

IGS, 2004, IGS Anten dosyası, Uluslararası GPS Servisi, ABD

ftp://igsb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/igs_01.pcv, 24 Nisan 2004

Lareg, 2002; İstasyonların ITRF2000 koordinat ve hızları, ITRF 'in tanımlayan Merkez, Fransa, 24 Aralık 2002

<http://lareg.ensg.ign.fr/ITRF/ITRF2000/sol.html>

NGS, 2002; NGS Anten dosyası, National Geodetic Survey ajansı, ABD, 24 Aralık 2002

<http://www.ngs.noaa.gov/GRD/GPS/Projects/ANTCAL>