

GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK GPS KONUMLARININ DUYARLIK ANALİZİ VE BİR ÖRNEK UYGULAMA

Murat ARSLANOĞLU¹

Çetin MEKİK²

ÖZET

Bir ölçme yönteminin duyarlılığı için iki kriter söz konusudur. Bunlardan birincisi, yöntemin kendi içerisinde duyarlılığıdır. İkincisi ise, yöntemin türettiği sonuçların duyarlılığıdır. İşte bu çalışmada, GPS ölçme teknikleri içerisinde son yıllarda geliştirilmiş olan ve sıkça kullanılmaya başlanan Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (GZK GPS) ölçme yöntemi duyarlık yönünden çeşitli testlerle incelenmiştir. GZK GPS'den elde edilen konumlar, Farklı Zaman Farklı Uydu Dağılımında, Farklı Zaman Aynı Uydu Dağılımında ve Referans Noktası Değiştirme durumunda incelenmiştir. Yapılan testlerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde GZK GPS yönteminin kendi içerisinde son derece duyarlı sonuçlar türettiği görülmüştür. Bu sonuçlara dayanarak, GZK GPS'in ne gibi çalışmalarda kullanılabileceği ve karşılaşılan problemler için çözümler konusunda öneriler getirilmiştir.

ABSTRACT

AN INVESTIGATION ON PRECISION ANALYSIS OF REAL TIME KINEMATIC GPS POSITIONS AND A CASE STUDY

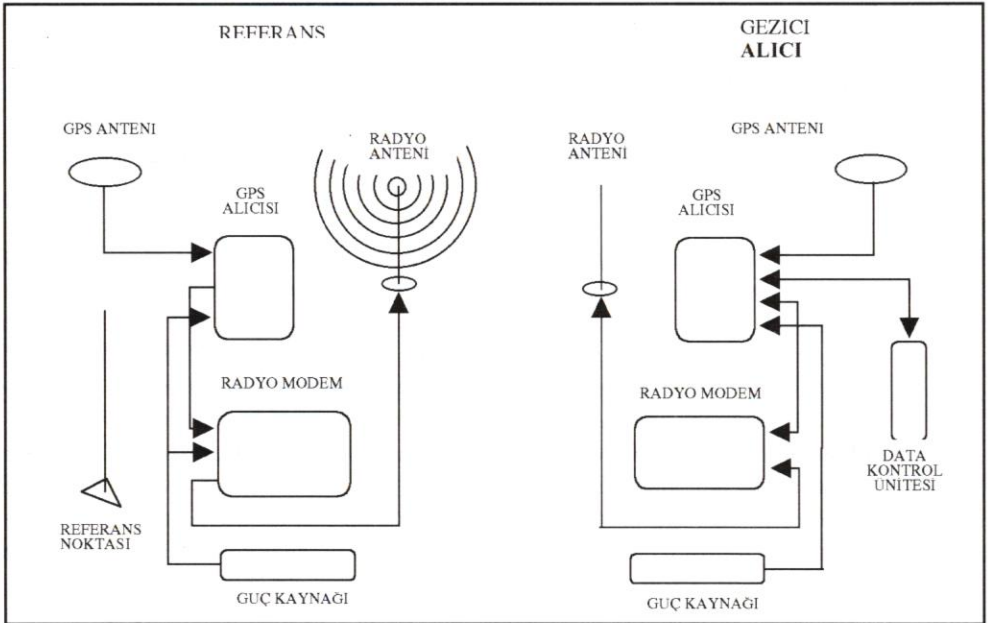
Two criteria can be mentioned as far as the precision of Real Time Kinematic GPS (RTK GPS) technique is concerned. One of them is the internal precision of the method, and the other is the precision of the results the method produces. In this study, some tests have been carried out to investigate the precision of Real Time Kinematic GPS (RTK GPS) method which is one of the GPS positioning techniques developed in the last decade and used quite often recently. The positions obtained from RTK GPS have been investigated in terms of various aspects such as Different Time-Different Satellite Configuration, Different Time-Same Satellite Configuration and Swapping Reference Point. It has been found out that RTK GPS produces extremely precise results. On the basis of the findings obtained from the results presented in this paper, we have made a few suggestion about which areas RTK GPS can be applied to, and about the solutions to the problems frequently encountered in our profession.

1 Arş. Gör. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Jeodezi ABD

2 Yrd. Doç. Dr. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Jeodezi ABD

1. GİRİŞ

Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'den önce, ölçü sırasında gerçek zamanlı konum belirleme ancak Diferansiyel GPS (DGPS) ile ya da mutlak konum belirleme ile yapılabilmekteydi. Her iki yöntem de, kod ölçüleri yardımıyla konum belirlediği için sırasıyla 1-5 m ve 10-100 m gibi çok düşük doğruluklar sağlamaktaydı. Bu yöntemler düşük konum doğrulukları nedeniyle jeodezik çalışmalarda ya da yüksek doğruluk isteyen diğer disiplinlere ait çalışmalarda tercih edilmemiş, yalnızca navigasyon amaçlı çalışmalarda kullanılmışlardır. Arazide ölçü sırasında anlık konum bilgisi elde etmedeki eksiklik bilim adamlarını bu yönde bir yöntem geliştirmeye yöneltmiştir. Bunun sonucu olarak tıpkı diferansiyel tekniğe benzer biçimde anlık konum bilgisi verebilen bir yöntem geliştirmişler ve "Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (GZK GPS)" olarak adlandırmışlardır. GZK GPS'in DGPS'in aksine santimetreler mertebesinde hassas sonuçlar vermesinin nedeni; taşıyıcı faz gözlemini kullanmasıdır. Kısaca GZK GPS, DGPS'in taşıyıcı faz gözlemleri kullanan biçimidir denilebilir. Gerçek zamanlı konumlamaya yeni bir yaklaşım olarak sunulan GZK GPS konum bilgisini, günümüz uygulamalarında yatayda 2 cm, düşeyde 4 cm gibi bir doğrulukla verebilmektedir. Bu sayede geniş kullanım alanı bulmuş olan GZK GPS, halihazır harita yapımında, imar uygulamalarında, kanal ve boru hattı projelerinde, araç takibinde, yol projelerinde, aplikasyon işlerinde ve özellikle Coğrafi Bilgi Sistemi ve Kent Bilgi Sistemi uygulamalarında, hızlı ve doğru sonuçlar üretmesi nedeniyle sıklıkla kullanılabilmektedir (Arslanoğlu, 2002).



Şekil 1 GZK GPS'in Sistem Yapısı (Gökalp, 1999).

2. GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK GPS

GZK GPS yöntem ölçüm prensibi olarak tıpkı DGPS' e benzer. Fakat bu yöntem kod ölçüsünden farklı olarak taşıyıcı dalga faz gözlemlerini kullanır. Taşıyıcı dalga faz ölçülerinin kod ölçülerine göre daha hassas olması sebebiyle GZK GPS yöntemi DGPS' e göre çok daha hassas sonuç verir. GZK GPS ile arazideki bir noktaya ilişkin koordinatların $\pm 2-5$ cm. ile belirlenmesi olasıdır. Bununla beraber GZK GPS yöntemiyle koordinatların istenirse yerel bir sistemde ya da ülke sisteminde araziye $\pm 2-5$ cm. 'lik bir duyarlılığı ile aplikasyonu yapılabilir.

Çok uzun zaman ve ön çalışma gerektiren aplikasyon işleri ve detay alımı çok kısa bir sürede ve en az yersel sistemlerden elde edilebilecek duyarlıkla yapılabildiğinden, bu yöntem haritacılık alanında yeni bir dönem olarak kabul edilebilir. Sistemin tek olumsuzluğu duyarlı sonuç alınabilmesi için en az 5 uydudan ölçü toplanması gereğidir. En az 5 uyduya bağlanma şartı ağaçlık alanlarda ve yüksek binaların bulunduğu kent merkezlerinde sağlanmayabilir. Bu durum sistemin buralarda kullanılabilme ihtimalini azaltacaktır. GPS+GLONASS ikili sistemi ya da GSM/GPS gibi bütünleşik sistemler yardımıyla bu problem de ortadan kalkmıştır (Stewart and Tsakiri, 1997). GZK Referans ve gezici istasyonlarında bulunması gereken donanımlar Şekil 1'de gösterilmiştir.

GZK GPS yönteminde, hem referans ve hem de gezici istasyonda çift frekanslı GPS alıcıları kullanılır. Sabit istasyonda, hesaplanan taşıyıcı dalga faz ölçü düzeltmelerini yayımlayan bir radyo vericisi ve gezici birimde de gönderilen bu düzeltmeleri alan bir radyo alıcısı kullanılır (Mekik, 2001). GZK GPS' te kullanılan radyo modem DGPS de kullanılan farklılık gösterir. Bu sistemde kullanılacak bir radyo modemin veriyi sabit istasyondan gezici istasyona her 0.5 ~ 2 saniyede güncellenmesi gerekir. Veri güncelleme oranının sıklığı nedeniyle gönderilen verinin hacmi artar. Bu nedenle GZK GPS veri linki en az 2400 bps (Byte Per Second) ister. Tavsiye edilen veri gönderim oranı ise 9600 hatta 19200 bps dir. Bu oranda bir veriyi destekleyebilecek bant genişliği radyo spektrumunun VHF veya UHF kısmında bulunabilir. Ancak VHF ve UHF bantları yasalar gereği kullanım lisansı gerektirmektedir. Ancak UHF bandında yayımlanan radyo sinyalleri 15 km ile sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle kısa bant FM ve bazı tür frekans değiştirme anahtarlı sistemler GZK GPS verilerini yayımlamak için kullanılabilir (Langley, 1998).

Her ne kadar düzeltme değerleri 0.5-2 saniye gibi kısa bir sürede güncellense de yine de veriler referans alıcıdan gezici alıcıya ulaşınca kadar bir miktar gecikme (data latency) olur. Bu gecikme nedeniyle de gezici alıcının koordinatları, tam ölçü anındaki düzeltme değerlerine göre değil sinyalin referans alıcıdan gezici alıcıya ulaşma süresi kadar eski düzeltmelerle hesaplanır. Bu da GZK GPS' in kullanım menzilini sınırlamaktadır (Güngör, 2000). GKZ GPS' de oluşan bu veri gecikmesi problemi iki yolla çözümlenebilmektedir (El-Mowafy, 2000). Birincisi, referans alıcıya ve gezici alıcıya ait verilerin eş zamanlı hale getirilmesidir. Bu yöntem maksimum duyarlık sağlar, fakat bir miktar gecikme yine de olur. İkincisi yöntem ise, referans alıcıya ait en son düzeltme verilerinin kullanılmasıdır. Bu yöntemde düzeltme verileri gezici alıcı verilerine ait zamana ekstrapole edilir. Bu da ek bazı hatalara sebep olacaktır.

GZK GPS yönteminin diğer GPS ölçme yöntemlerine göre avantajlarını şu şekilde özetleyebiliriz:

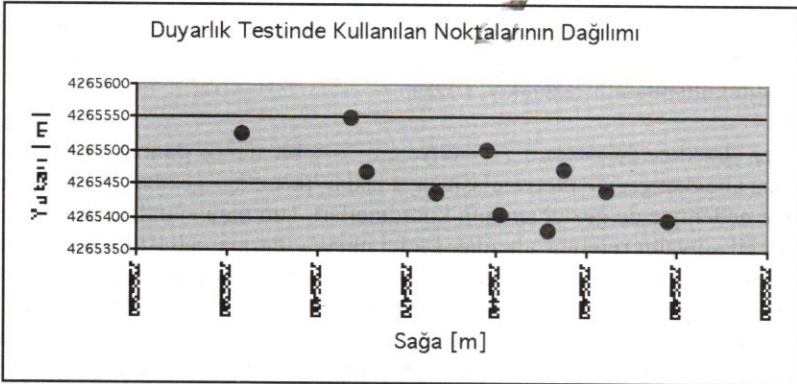
- Sonradan hesap gerektirmez.
- Çalışma bölgesinde ülke koordinat sisteminde bilinen birkaç nokta (3 nokta) olması durumunda diğer noktalar anında ülke koordinat sistemine arazide dönüştürülebilir.
- Tüm noktaların doğru olarak ölçme güvencesi vardır. Klasik kinematik yöntemde sabit istasyonda faz sıçraması olursa veya sinyal kesilmesi olursa (ve fark edilmezse) kine

matik konum hesabı yapılamaz. GZK GPS yönteminde bu durum anında fark edildiğinden yeni bir tamsayı belirsizliği çözümüyle gözlemlere devam edilir.

- Koordinatları bilinen noktalara oldukça duyarlı (santimetre düzeyinde) navigasyon ve aplikasyon yapılabilir.
- GZK GPS sayesinde GPS alıcıları çok hızlı olarak ölçümleme gerçekleştirdiğinden görüş isteği olmayan bir Elektronik Takeometre gibi kullanılabilir (Mekik, 2001).

3. UYGULAMA

GZK GPS'den elde edilen konumların kendi içerisinde duyarlı sonuçlar üretip üretmediğini test edebilmek amacıyla Soğukkuyu/BURSA mevkiinde yeni düzenlenmekte olan bir park alanı içerisinde rasgele 10 nokta seçilerek zemin tesisi yapılmıştır. Daha sonra seçilen bu test noktalarında üç değişik uygulama ile GZK GPS konumları elde edilmiştir. Şekil 2'de seçilen test noktalarının söz konusu uygulama alanı içerisindeki dağılımları görülmektedir. Uygulama alanı genel anlamda kentsel yapılaşmanın çok olduğu bir bölge olduğundan, yapılan testler ile GZK GPS yönteminin özellikle kentsel alanlarda ne kadar duyarlı sonuçlar ürettiğini görmek mümkün olmuştur. Seçilen test noktalarında; Farklı Zaman Aynı Uydu Dağılımında, Farklı Zaman Farklı Uydu Dağılımında ve Referans Noktası Değiştirilmek suretiyle üç farklı ölçüm gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2 Duyarlık analizinde kullanılan test noktalarının dağılımı

a) GZK GPS Konumlarının Farklı Zaman Aynı Uydu Dağılımda Test Edilmesi

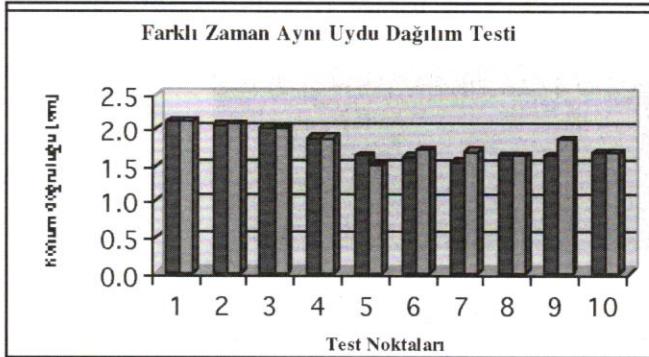
GPS uydularının, dünyanın etrafında yörünge düzlemi boyunca hareket ederken geçtikleri bir noktadan ikinci gün geçişleri 4 dakika daha önce olmaktadır. Bu nedenle herhangi bir günde ve belli bir saat de yapılan GPS ölçülerine ait uydu sayısını, DOP değerlerini ve uydu dağılımını aynen bir sonraki gün tekrarlayabilmek için bu 4 dakikalık zaman kayıklığını dikkate almak gerekir. Eğer ikinci periyot ölçümler, ilk periyot ölçümlerden "n" gün sonra tekrarlanmışsa bu durumda ölçümler ilk periyot dan 4 x (n) dakika daha önce yapılmalıdır.

Bu durum göz önüne alınarak ilk periyot ölçümler 25.10.2001 tarihinde söz konusu test noktalarında yapılmıştır. İkinci periyot ölçümler ise bir gün sonra ve 4 dakikalık zaman kayıklığı dikkate alınarak yapılmıştır. Ancak arazi şartlarında aynı zamanda gözlem bazen mümkün olmayabilir diye ilk periyot ölçümlerde her nokta için 3 farklı konum bilgisi alınmıştır. Böylelikle her nokta için yaklaşık bir dakikalık tolerans zamanı sağlanmıştır. Referans nokta olarak BUSKİ binasının çatısında bulunan 50960 no'lu nokta kullanılmıştır. Bu test de referans noktaya olan uzaklıklar minimum 327m ve maksimum 455m arasında değişmektedir.

Farklar	Minimum [cm]	Maksimum [cm]	Ortalama [cm]
x-yönündeki	0.3	2.4	1.1
y-yönündeki	0.2	2.8	1.6
z-yönündeki	0.1	5.0	1.7

Tablo 1. Farklı zaman aynı uydu dağılımındaki koordinat farkları

Tablo 1'de her iki periyot ölçümleri sonucunda elde edilen GZK GPS konumları arasındaki minimum ve maksimum koordinat farkları ile oluşan farklardan hesaplanan ortalamalar gösterilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde GZK GPS'den elde edilen konumların ilk ve ikinci periyot ölçümleri arasında, ortalama 2cm'den daha küçük farklar olduğu görülmektedir. Farklı zaman ve aynı uydu dağılımında gerçekleştirilen ölçümlerde oluşan bu farklar göstermektedir ki, GZK GPS kendi içerisinde duyarlı sonuçlar üretmektedir.



Şekil 3. Farklı Zaman Aynı Uydu Dağılımı Testi Konum Doğrulukları

Bu testten elde edilen koordinatların karesel ortalama hataları (m_x , m_y ve m_z) yardımıyla her bir nokta için nokta konum doğrulukları hesaplanmıştır. Şekil 3’de, GZK GPS ölçümlerinden elde edilen iki farklı periyot da ki konum doğrulukları grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafiğe dikkat edilirse hemen hemen tüm test noktalarında iki farklı periyot dan elde edilen konum doğrulukları yaklaşık aynıdır ve 2cm’nin altında değerler almıştır.

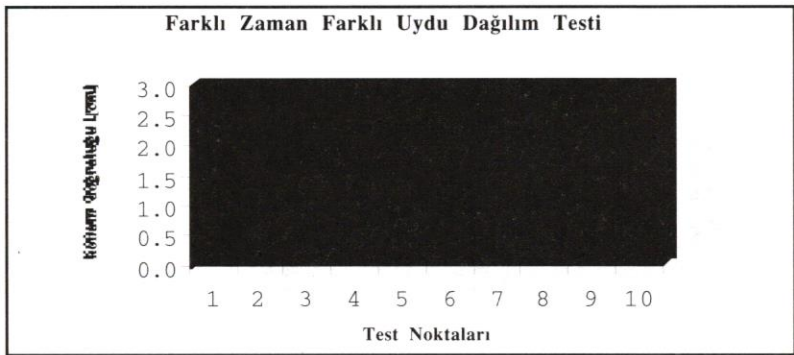
b) GZK GPS Konumlarının Farklı Zaman Farklı Uydu Dağılımında Test Edilmesi

Bu test, GZK GPS yönteminin aynı uydu dağılımında türettiği duyarlı sonuçları, farklı zaman farklı uydu dağılımında da türetip türetemeyeceğini görmek için yapılmıştır. Bir önceki teste benzer şekilde test noktalarına iki farklı zaman diliminde ve farklı uydu dağılımında ölçümler yapılmıştır. İlk periyot ölçümler 25.10.2001 tarihinde, ikinci periyot ölçümler ise iki gün sonra rasgele bir zamanda yapılmıştır. Böylelikle uydu dağılımında meydana gelecek farklılığın GZK GPS konumlarına etkisi incelenmek istenmiştir. Bu test içinde referans nokta olarak BUSKİ binasının çatısında bulunan 50960 no’lu referans nokta kullanılmıştır.

Farklar	Minimum [cm]	Maksimum [cm]	Ortalama [cm]
x-yönündeki	0.4	3.4	1.78
y-yönündeki	0.5	4.3	2.09
z-yönündeki	1.2	6.2	3.13

Tablo 2 Farklı zaman farklı uydu dağılımındaki koordinat farkları

Tablo 2’de farklı zaman ve farklı uydu dağılımında ölçümü gerçekleştirilen iki farklı periyot ölçümlerine ait koordinat farklarının minimum ve maksimum değerleri ile farklardan hesaplanan ortalama değerler gösterilmiştir. Bu farklar dikkate alındığında x ve y eksenini yönünde oluşan farkların ortalama 2 cm, z eksenini yönündeki farkların ise ortalama 3 cm civarında kaldığı görülmektedir. Görüldüğü gibi iki farklı uydu konfigürasyonunda bile GZK GPS hemen hemen aynı konumları türetebilmektedir.



Şekil 4 Farklı Zaman Farklı Uydu Dağılım Testi Konum Doğrulukları

Şekil 4’de ki grafik incelendiğinde farklı iki zaman diliminde ve farklı uydu dağılımında elde edilen GZK GPS konumları duyarlık açısından son derece iyi sonuçlar üretmiştir. Şekil 4’ de ki konum doğrulukları tıpkı bir önceki test de olduğu gibi her bir noktaya ait koordinatların karesel ortalama hatalarından hesaplanmıştır. Konum doğruluklarının ortalama 2cm civarında değerler aldığı görülmektedir.

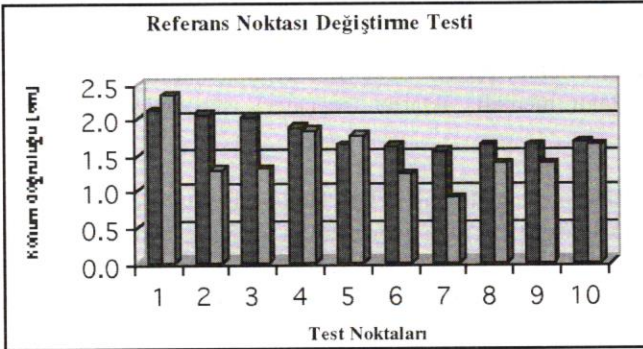
c) Referans Noktasını Değiştirmek Suretiyle GZK GPS Konumlarının Test Edilmesi

Bu test de, GZK GPS yönteminden elde edilen konumların referans alıcının değiştirilmesi durumunda nasıl bir duyarlık gösterdiği araştırılmıştır. Bu amaçla söz konusu test noktaları iki farklı referans nokta seçilmek suretiyle ölçümler yapılmıştır. İlk periyot ölçümlerde seçilen referans noktası çalışma bölgesine oldukça hakim bir yerde olan 50960 (BUSKİ) no’lu noktadır ve radyo sinyallerini engelleyici nesnelere uzaktır. İkinci periyot ölçümler ise yine çalışma alanı civarında bulunan 50477 no’lu nirengi referans nokta seçilerek yapılmıştır. Ancak ikinci periyot ölçümler için seçilen 50477 no’lu referans noktası kısmen radyo sinyallerini engelleyici nesnelere daha yakındır.

Farklar	Minimum [cm]	Maksimum [cm]	Ortalama [cm]
x-yönündeki	1.8	5.6	3.3
y-yönündeki	0.4	7.9	3.0
z-yönündeki	0.7	8.5	4.2

Tablo 3 Referans noktası değiştirilerek elde edilen koordinat farkları

Her iki periyot ölçümler sonucunda elde edilen koordinat farklarının minimum, maksimum ve ortalama değerlerinin gösterildiği Tablo 3 incelendiğinde bundan önceki testlere göre daha anlamlı farklar olduğu görülür. Yapılan bu test ile GZK GPS ölçümlerinde seçilecek referans noktasının yeri ve konumunun çok önemli olduğu söylenebilir. Oluşan bu anlamlı farklar ikinci periyot ölçümler için seçilen referans noktasının etrafının kısmen binalarla ve diğer topoğrafik yapılarla çevrili olmasından kaynaklanmıştır.



Şekil 5 Referans Noktası Değiştirilerek Elde Edilen Konum Doğrulukları.

Şekil 5' de ki konum doğrulukları bundan önceki testlerde anlatıldığı şekilde hesaplanmış olup, önceki iki teste oranla daha anlamlı farklar oluştuğu görülmektedir. Konum doğrulukları grafikten de görülebileceği gibi bu test içinde yine 2cm civarında değerler almıştır.

GZK GPS yönteminin kendi içerisinde tutarlı ve duyarlı sonuçlar üretip üretmediğini incelemek amacıyla yapılan bu testlerde, bütün ölçme periyotları boyunca PDOP değerinin ~1.5-2.4 arasında değişim gösterdiği ve uydu sayısının ortalama 6-8 olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan tüm testlerde için iki adet Zeiss GePos Experince çift frekanslı GPS alıcı standart donanım ve yazılımı kullanılmıştır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

GZK GPS yönteminin kendi içerisinde duyarlı sonuçlar üretip üretmediğinin araştırmak amacıyla yapılan üç farklı teste ilişkin olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- GZK GPS yöntemi, farklı zaman fakat aynı uydu dağılımı altında istatistiksel olarak anlamsız farklar oluşturmaktadır. Bu test ile, GZK GPS yönteminin kendi içerisinde aynı uydu dağılımında son derece duyarlı sonuçlar ürettiği görülmüştür.
- Farklı uydu konfigürasyonlarında bile GZK GPS yöntemi duyarlı sonuçlar üretmiştir. Bu test de konum doğruluklarının ortalama 2cm civarında değerler aldığı görülmüştür.
- GZK GPS yönteminde gezici alıcının konumu referans alıcıdan gelen düzeltme verileri ile hesaplandığından, referans alınan noktanın yeri ve konumu çok büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle GZK GPS yönteminde referans alıcının sinyal kesilmesini engelleyici nesnelere uzakta ve yüksek yerlerde seçilmesi zorunluluğu vardır.
- GZK GPS yöntemi kendi içerisinde duyarlı bir yöntemdir.

GZK GPS ölçümlerinde en önemli problemlerden biri olan referans alıcı ile gezici alıcı arasındaki mesafenin artışına bağlı olarak azalan konum doğruluğunu engelleyebilmek için, referans istasyon ile gezici alıcı arasındaki veri bağlantısı güçlü kurulmalıdır. Bir başka deyişle, GZK uygulamalarının başarısı telsiz bağlantısının uygulanabilirliğine bağlıdır. Bunun için de referans alıcı olabildiğince yüksek yerlerde ve radyo sinyallerini engelleyici alanlardan uzakta seçilmeye çalışılmalıdır. Veri bağlantısı menzile dışına çıktığında kesilebileceği gibi, gezici alıcının referans alıcıya çok yakın olduğu durumlarda aşırı sinyal yüklenmesi nedeni ile de kesilebilir (Mekik, 2003). GZK GPS uygulamalarında referans ve gezici alıcı arasındaki veri bağlantı menzili, aktarıcı (repeater) istasyonlar kullanmak suretiyle artırılabilir.

Yapılan değerlendirmelerde noktaların dengelenmiş WGS-84 koordinatları kullanılmıştır. Benzer şekilde, elipsoidal coğrafi koordinatları, ülke koordinatları veya lokal koordinatlar ile de değerlendirme yapmak mümkündür. Çünkü GZK GPS sistemi ile, gerekli parametreleri girmek koşulu ile arazide ölçüm esnasında dönüşüm yapmak veya farklı seçenekte koordinat bilgisi elde etmek mümkündür.

KAYNAKLAR

- Arslandođlu, M., (2002) Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'in Kent Bilgi Sistemlerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ FBE, ZONGULDAK
- Demirel, A., (2001) Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Ölçmeleri, Diploma çalışması, ZKÜ Mühendislik Fak. JDF Bölümü, Zonguldak, 51 s.
- El-Mowafy, A., (2000) Performance Analysis of the RTK Technique in an Urban Environment, The Australian Surveyor, Vol.45, No.1, pp. 47-54.
- Gökalp, E., (1999) Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Konumlarının Statik GPS ile Test Edilmesi, Harita Genel Komutanlığı Harita Dergisi, Ankara, sayı 122, s.56-64.
- Güngör, O., (2000) Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'in Jeodezik Çalışmalarda Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Y.Lisans Tezi, KTÜ FBE, Trabzon.
- Langley, R.B., (1998) RTK GPS, GPS World, Vol.9, No.9, pp.70-76.
- Mekik, Ç., (2001) Gerçek Zamanlı Kinematik GPS, Seminer çalışması, ZKÜ, Zonguldak, 11 s.
- Mekik, Ç., (2003) Uydusallar, Jeodezi Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, HKMO, ANKARA (yayımlanmak üzere)
- Stewart, M., Tsakiri, M., (1997) The Future of RTK GPS/GLONASS Positioning in the Urban Canyon, The Australian Surveyor, Vol.42, No.4, pp.172-178.