

GPS AĞLARINDA EN UYGUN GÖZLEM ZAMANLARININ PLANLANMASI

O. Kurt¹, H. Konak², E. Öztürk³

¹Kocaeli Üniversitesi, Karamürsel M.Y.O., Teknik Programlar Bölümü, orhnkrt@yahoo.com

²Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Bölümü, konak_haluk@yahoo.com

³Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü, eozturk@kou.edu.tr

ÖZET

Günümüzde yüksek doğruluklu ve hızlı ölçme olanağı sağlayan GPS teknolojisinin yanı sıra, jeodezik ağların değerlendirilmesine yönelik yeterli sayıda yazılım olanaklarına da ulaşılabilmektedir. Bu durumun bir sonucu olarak; mühendislik ağlarının kendilerinden beklenen işlevleri yeterince karşılayabilmeleri için; tasarım aşamasından başlamak üzere duyarlık ve güvenilirlik yönünden gözden geçirilmelidir. Son adımda ise amacına uygun gözlem zamanları için uygun bir optimizasyon stratejisi geliştirilmelidir. Bu çalışmada, GPS gözlemlerinin yapıldığı gerçek bir GPS ağı test edilmekte; ulaşılan sonuçlar karşılaştırmalı olarak irdelenmektedir. Ayrıca uygun yapıda ve ağı her noktasında uygun dağılımda duyarlık isteklerini sergileyebilecek güvenilir bir jeodezik ağ için izlenmesi gereken bir optimizasyon stratejisi önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: GPS ile Bağlı Konum Belirleme, GPS Ağlarının Optimizasyonu

ABSTRACT

DESIGN of OPTIMAL OBSERVATION TIMES for GPS NETWORKS

Both GPS technology having high accuracy and rapid surveying and software possibilities available for evaluating geodetic networks can easily be reached nowadays. As a result of this, geodetic networks should be reviewed from design phase with respect to precision and reliability for those expected functions. Finally, a suitable optimization strategy should be developed for its aim. In this study, a real GPS networks are tested, final results are examined mutually and optimization strategy which is necessary for a reliable geodetic network is suggested. This network is supposed to be in convenient structure and in a suitable distribution representing reliability demands in every point within the network.

Key Words : Relative Positioning with GPS, Optimization of GPS networks.

1. GİRİŞ

GPS ölçüleri tasarlanırken genellikle, uydu almanaklarından yararlanılarak planlanan ölçme gününe ilişkin PDOP ölçütleri temel alınmaktadır. Bu durumda her bir ölçme gündeki en küçük PDOP değerine karşılık gelen ölçme oturumları ve buna bağlı olarak da ölçü süreleri tasarlanmaktadır. Böyle bir tasarım yönteminin temel alınması durumunda; elde edilebilecek sonuçların güvenilirliği, tamamen tasarımcının uzmanlığına ve deneyimine bağlı kalabilmektedir. Problemi gözlemlerin ağ içerisindeki dağılımları ile duyarlık isteklerinin, kendilerinden beklenen işlevleri yeterince karşılayabilmeleri yönünden ele alırsak; her zaman uygun ağ olanaklarına ulaşılabileceğini söyleyemeyiz.

GPS gözlemlerinin planması aşamasında; bazların ağ içerisindeki dağılımları ile duyarlıkları temel tasarım parametreleridir. Yalnızca PDOP değerleri kullanılarak bu duyarlık istekleri yeterince karşılanamaz. Bu durumda; her bir baz için ağdan beklenen duyarlıklara ulaşabilmek için; Ölçme Oturumları ile buna bağlı olarak Gözlem Pencerelerinin gerçeği yansıtacak biçimde belirlenmesi gerekmektedir. Bu durumda;

- * Ölçme yapılması düşünülen günler belirlenmelidir.
- * Her bir baz için gün içerisindeki oturumlar belli saat dilimlerine göre planlanmalıdır.
- * Her saat diliminde gözlem süreleri ve gözlem aralığı (ölçü epokları) belirlenmelidir.
- * Planlanan bu oturumlarda uydu koordinatları (yörünge bilgilerinden) ve noktanın yaklaşık koordinatlarından elde edilen ters ağırlık matrisleri (Q_{DD}), her bir baz için ayrı olmak üzere hesaplanmalıdır.
- * Her bir baz için ölçü yapılması tasarlanan zaman içerisinde; mümkün olan bütün epoklarda geçerli ölçme koşulunu (yükseklik açısı $>15^\circ$) sağlayan tüm uydular, baz ile uydular arasında oluşturulacak ağa dahil edilmelidir.

- * Ağırlık matrisi ($\underline{P}_{DD}$), kullanılan DD faz/kod kombinasyon modeline göre oluşturulduğu için bilinmektedir. Geriye kalan katsayılar matrisi ($\underline{A}_{DD}$) de uydu dağılımına bağlıdır. Belirli ölçü süresi aralıklarında, uydu dağılımına ilişkin bilgiler almanak dosyaları kullanılarak elde edilmelidir.
- * k'inci oturumda elde edilen varyans-kovaryans matrisi bu baz için ağda elde edilen optimum değeri ile karşılaştırılmalıdır.
- * Böylece ağdan beklenen duyarlık isteklerine en yakın olan varyans-kovaryans matrisinin, ele alınan baz için en uygun duyarlık dağılımı olduğuna karar verilir.

Böylece GPS gözlemlerinin değerlendirme sürecine uygun optimizasyon sonuçlarına ulaşılabilir.

Bu çalışmamızda, duyarlık ve güvenilirlik yönünden iyileştirilmiş GPS ağları için ayrı ayrı Baz Optimizasyonu (Ölçme Oturumu ve Gözlem Penceresi Optimizasyonu) işlemleri gerçekleştirilmektedir. Ayrıca ulaşılan sonuçlar alışılagelen tasarım yöntemleriyle (PDOP ölçütlerine göre tasarım) karşılaştırmalı olarak irdelenmektedir.

2. EN UYGUN GÖZLEM PENCERELERİNİN VE ÖLÇME OTURUMLARININ BELİRLENMESİ

GPS gözlemlerinin planması aşamasında; bazların ağ içerisindeki dağılımları ile duyarlılıkları; duyarlık ve güvenilirlik optimizasyonunu temel alan bir optimizasyon stratejisi ile en uygun durumda belirlenmelidir (Konak vd. 1994). Böyle bir optimizasyon işlemi sonucunda ulaşılan duyarlık sonuçları, en uygun uydu geometrisi altında ulaşılabilecek bazların optimizasyonu işleminde öncül tasarım parametreleri olarak ele alınmalıdır.

Optimizasyon sonucunda baz bileşenlerine ilişkin elde edilen duyarlıklara ulaşabilmek için gerekli olan öncül büyüklükler: istasyon noktalarının WGS84'deki yaklaşık koordinatları ve uydu yörünge bilgileridir. Ağın datumu ve noktaların yaklaşık koordinatları optimizasyon işlemimizin bu aşamasında değişmez olarak ele alınan tasarım parametreleridir. Diğer tasarım parametrelerinden ölçme planı ve ölçülerin duyarlılıkları da duyarlık ve güvenilirlik optimizasyonu aşamasında elde edilmiştir. Bu durumda optimizasyon işlemi, bazların ölçme oturumlarına göre en uygun dağılımların belirlenmesi biçimine dönüştürülebilir.

Uydu yörünge bilgileri; ölçme işleminin gerçekleştirileceği hafta içerisinde olmak üzere dünyanın herhangi bir yerinden herhangi bir GPS alıcısı ile elde edilebilmektedir. Elde edilen bu yörünge bilgileri Almanak Verileri (AV) (Almanac Data) olarak adlandırılmaktadır. AV bilgileri birkaç km doğrulukta olup istenen amacı yeterince yerine getirebilmektedir. Eğer daha duyarlı kestirim yapılmak isteniyorsa IGS (2004) web adresinden bir gün sonraki yörünge parametrelerine ulaşılabilir. Yine aynı web adresinden bu yörünge parametreleri ile ilgili bilgiler bulunabilir (URL 1, 2004).

2.1. Baz Optimizasyonunun Matematik Modeli

- * Her baza ilişkin varyans-kovaryans matrisinin optimizasyon sonucu elde edilen değerleri o baz için deneysel ölçüt matrisi olarak belirlenir.

$$\Sigma_{\Delta_{i,j}} = \begin{bmatrix} \sigma_{\Delta X \Delta X} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{\Delta Y \Delta Y} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{\Delta Z \Delta Z} \end{bmatrix} \quad (1)$$

- * Ölçme yapılması düşünülen günler belirlenir.
- * Her bir baz için gün içerisindeki oturumlar belli saat dilimlerine göre planlanır.
- * Her saat diliminde gözlem süreleri ve gözlem aralığı (ölçü epokları) belirlenir.
- * Planlanan bu oturumlarda uydu koordinatları (yörünge bilgilerinden) ve noktanın yaklaşık koordinatlarından elde edilen ters ağırlık matrisleri ($\underline{Q}_{DD}$), her bir baz için ayrı ayrı olmak üzere hesaplanır.
- * Her bir baz için ölçü yapılması tasarlanan zaman içerisinde; mümkün olan bütün epoklarda geçerli ölçme koşulunu (yükseklik açısı $>15^\circ$) sağlayan tüm uydular, baz ile uydular arasında oluşturulacak ağa dahil edilir (Kurt vd, 1999).
- * Ağırlık matrisi ($\underline{P}_{DD}$), kullanılan DD faz/kod kombinasyon modeline göre oluşturulduğu için bilinmektedir. Geriye kalan katsayılar matrisi ($\underline{A}_{DD}$) de uydu dağılımına bağlıdır. Belirli ölçü süresi aralıklarında, uydu dağılımına ilişkin bilgiler almanak dosyaları kullanılarak elde edilir.
- * k'inci oturumda elde edilen varyans-kovaryans matrisi

$$\underline{K}_{bij} = \sigma_{ij}^2 (\underline{A}_{DD}^T \underline{P}_{DD} \underline{A}_{DD})_{ij}^{-1}$$

ve bu baz için ağda elde edilen optimum değeri

$$\underline{C}_{bij} = \sigma_0^2 \Sigma_{\Delta_{i,j}}$$

ile karşılaştırılır (Kurt 2003).

$$\underline{\delta q}^{(k)} = \text{vek} \left[\underline{K}_{bij} - \sigma_{ij}^2 / \sigma_0^2 \Sigma_{\Delta_{i,j}} \right] \quad \text{Global Ölçüt} \quad (2)$$

$$\underline{\delta r}^{(k)} = \left[\text{iz}(\underline{K}_{bij}) - \sigma_{ij}^2 / \sigma_{iz}^2 (\Sigma_{\Delta_{i,j}}) \right] \quad \text{İz Ölçütü} \quad (3)$$

$$\underline{\delta d}^{(k)} = f^T \left[\underline{K}_{bij} - \sigma_{ij}^2 / \sigma_0^2 \Sigma_{\Delta_{i,j}} \right] f \quad \text{Baz Ölçütü} \quad (4)$$

$$f^T = [\Delta x / d, \Delta y / d, \Delta z / d]$$

* Yukarıda önerilen amaç fonksiyonksşyonlarından yararlanılarak; her bir oturum için $c^{(k)}$, ($k = 1, 2, \dots, n$) olmak üzere

$$c^{(k)} = \underline{\delta \chi}^T \underline{\delta \chi}^{(k)} \quad \chi = \{ q, r, d \} \quad (5)$$

değerleri ayrı ayrı hesaplanır.

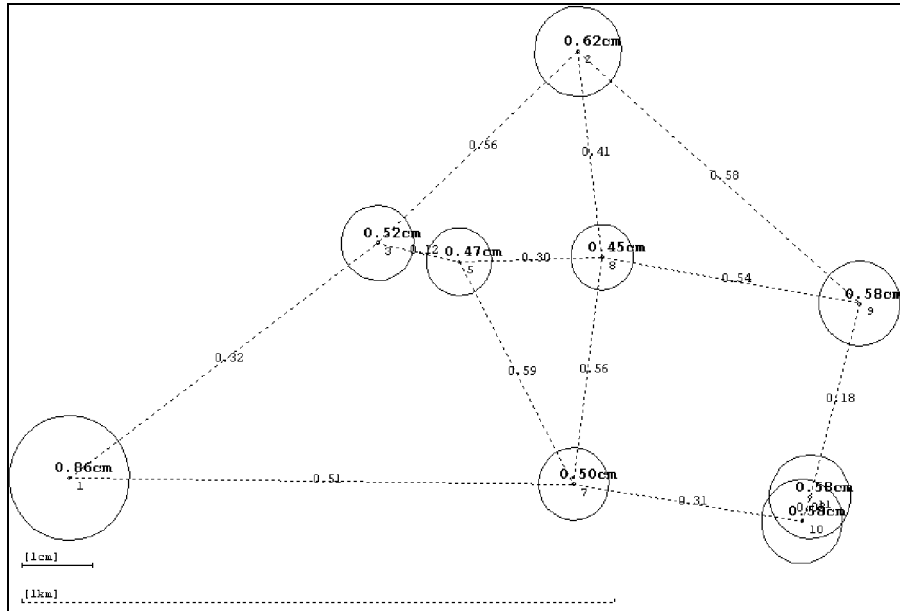
* DD faz/kod kombinasyon modelinden elde edilen bağıl konum duyarlılığı $RDOP_{ij} \leq 2$ birim olmak üzere

$$\underline{\delta \chi}^T \underline{\delta \chi}^{(k)} \rightarrow \min \quad \text{Amaç fonksiyonunu} \quad (6)$$

sağlayan oturumdan hesaplanmış olan varyans kovaryans matrisi $[\underline{K}_{bij} = \sigma_{ij}^2 (\underline{A}_{DD}^T \underline{P}_{DD} \underline{A}_{DD})_{ij}^{-1}]$, bu baz için deneysel ölçüt matrisinden beklenen istekleri en iyi karşılayacak duyarlık dağılımıdır.

3. SAYISAL UYGULAMA

Bu çalışmada; temel haritalara altlık oluşturmak amacıyla kurulan Zonguldak Karaelmas Üniversitesi GPS ağı sayısal uygulama modeli olarak seçilmiştir. Bu ağ geometrik şekil olarak topoğrafik yapısı ve yerleşim durumu nedeniyle özellikle nokta dağılımı yönünden homojen olmayan bir yapıya sahiptir (Açııcı vd., 2003). Bu ağda ilk adımda bir duyarlık ve güvenilirlik optimizasyonu işlemi gerçekleştirilmiş ve geometrik olumsuzluklarına karşın bu ağda oldukça uygun bir ölçme planı ile duyarlık dağılımı elde edilebilmiştir (Şekil 1).



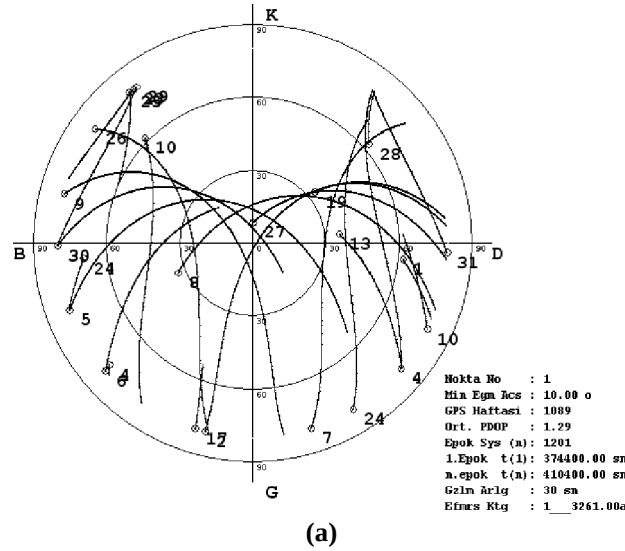
Şekil 1: ZKU-GPS Ağı için güvenilirlik ve maliyet optimizasyonu sonuçları($\underline{P} = \underline{P}_{opt}$, $r_i < 0.80$)

Bu ağın genellikle çok kısa kenarlı bağlantılı gözlemler dışında yeterince denetlenebilir ağ özelliğine sahip olduğu görülmektedir. Sözelimi redundanz payları çok kısa kenarlı (10-11) gözlem bağlantısında 0.03 olarak elde edilebilmiştir. Öte yandan hata elipsoidlerinin yarı çapları dış kuşak noktalarında (1;0.86 cm) ile (7;0.50 cm), iç kuşak noktalarında ise (5;0.47 cm) ile (8;0.45 cm) arasında değişmektedir. Başka bir deyişle oldukça homojen bir duyarlık dağılımı elde edilebilmiştir.

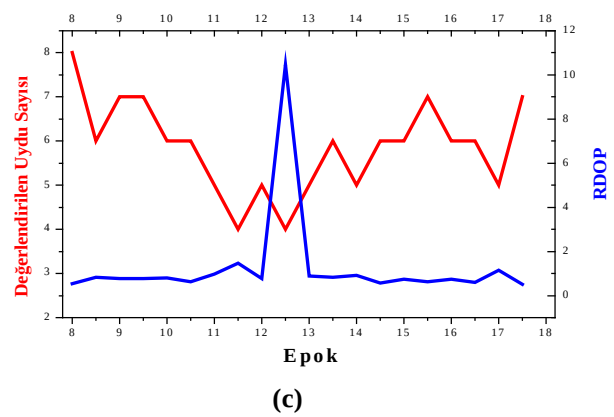
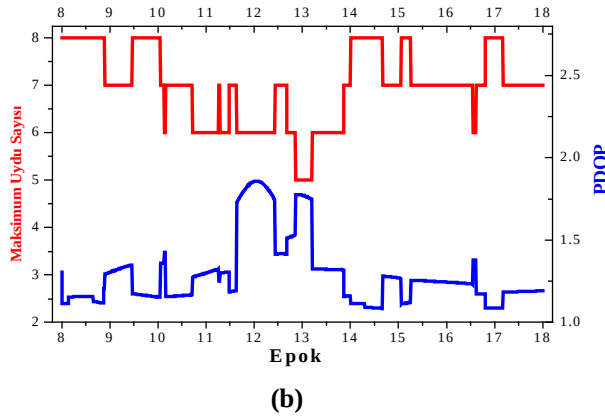
GPS Ağlarında En Uygun Gözlem Zamanlarının Belirlenmesi

Bu durumda; ZKÜ GPS ağı için tasarlanan maksimum ölçme planından yola çıkılarak gerçekleştirilen duyarlık ve güven optimizasyonu sonucunda ulaşılan ölçme planı ve duyarlıkları, en uygun gözlem pencerelerinin ve ölçme oturumlarının belirlenmesi aşamasında değişmez tasarım parametreleri olarak ele alınmıştır.

Bu optimizasyon işleminde; çift frekanslı ve 8 kanallı GPS donanımının kullanıldığı varsayılmaktadır. Ölçme oturumları 21 Eylül 2000 tarihinde 08.00-18.00 zaman diliminde, yarımşar saat arayla, onar dakikalık oturumlar halinde öngörülmüş ve gözlemlerin 30'ar saniye aralıklarla elde edildiği varsayılmıştır (Şekil 2).



(a)
Ölçme günü
(2000 / 11 / 23)



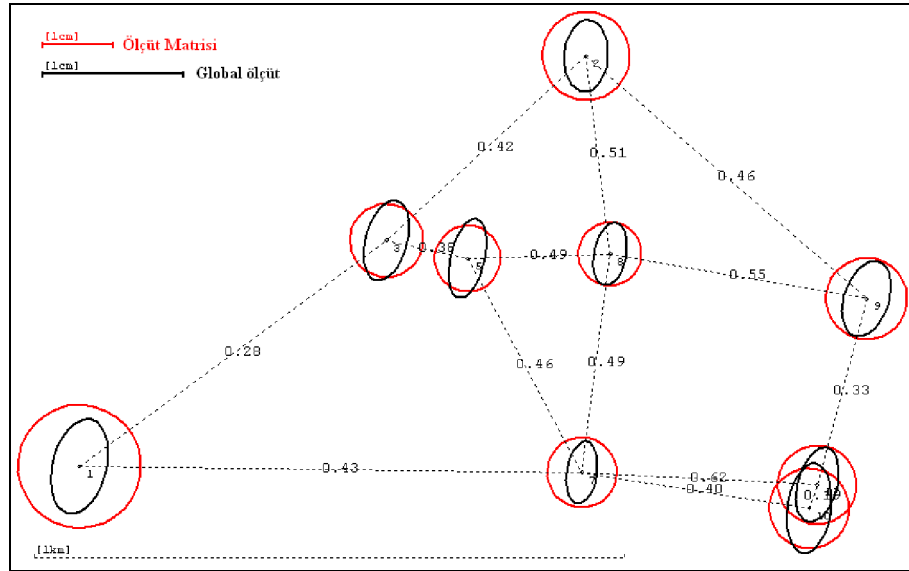
Şekil 2: Ölçme anlarına ilişkin, (a) gözlem penceresi, (b) ölçme gününe ait PDOP değerleri, (c) ölçme gününe ait RDOP değerleri

Bu çalışmada; Baz Optimizasyonu işlemi için Global Ölçütü, İz Ölçütü ve Baz Ölçütü olarak üç ayrı amaç fonksiyonu belirlenmiştir. Ulaşılan sonuçlara göre;

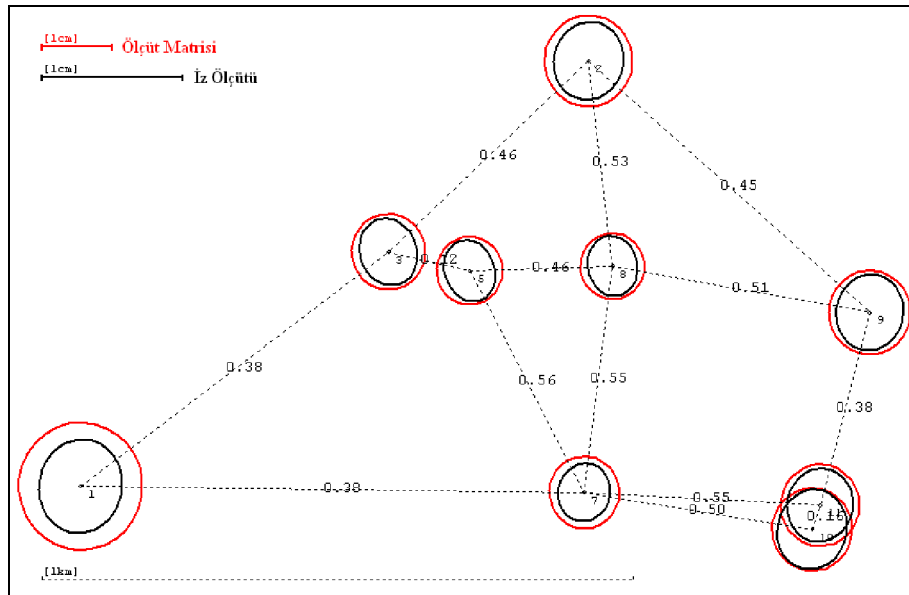
1. Ağa ilişkin ölçülerin; Global ölçütü altında 5, İz ölçütü altında 4 ve Baz ölçütü altında ise 3 ayrı oturumda tamamlanması gerekmektedir (Tablo1).
2. Global ölçütten elde edilen duyarlık dağılımı altında; GPS ölçülerinin topluca değerlendirilmesi sonucunda, bazlara ilişkin varyansa kovaryans matrislerinde oluşan çapraz korelasyonların etkisi açıkça görülmektedir. Benzer görünümlü farklı büyüklükte hata elipsoidlerinin yanı sıra; ayrıca bu durumda redundanslar da oldukça uygun bir dağılım gösterebilmektedir (Şekil 3, 4 ve 5).

BN	DN	S(m)	$q=norm(C_{xx}-K_{bb})$					$q=iz(C_{xx}-K_{bb})$					$q^T q=abs(m_A-m_B)$				
			Başla	Bitir	qTq	RDOP1	UySy	Başla	Bitir	qTq	RDOP1	UySy	Başla	Bitir	qTq	RDOP1	UySy
1	3	647.28	17:00	17:10	3.0230	1.1510	5	11:30	11:40	1.0415	1.4712	4	11:30	11:40	0.3276	1.4712	4
1	7	853.39	11:30	11:40	10.0263	1.4712	4	11:30	11:40	8.0275	1.4712	4	11:30	11:40	0.4066	1.4712	4
3	5	141.05	12:00	12:10	0.0558	0.7783	5	9:00	9:10	0.0069	0.7699	7	16:00	16:10	0.0030	0.7319	6
5	7	411.47	17:00	17:10	2.9609	1.1510	5	11:30	11:40	0.9996	1.4712	4	11:30	11:40	0.0407	1.4712	4
5	8	242.26	12:00	12:10	0.2344	0.7783	5	14:00	14:10	0.1025	0.9194	5	8:30	8:40	0.0196	0.8409	6
7	8	373.43	17:00	17:10	2.3089	1.1510	5	11:30	11:40	0.5793	1.4712	4	11:30	11:40	0.1765	1.4712	4
7	10	395.51	17:00	17:10	1.4821	1.1510	5	11:30	11:40	0.1353	1.4711	4	11:30	11:40	0.0266	1.4711	4
7	11	405.49	11:30	11:40	19.6804	1.4711	4	11:30	11:40	17.6817	1.4711	4	11:30	11:40	0.3701	1.4711	4
9	11	328.40	12:00	12:10	0.4461	0.7783	5	11:30	11:40	0.0766	1.4711	4	11:00	11:10	0.0047	0.9644	5
10	11	42.35	8:00	8:10	0.0148	0.5423	8	17:30	17:40	0.0023	0.5145	7	8:00	8:10	0.0120	0.5423	8
2	9	631.63	11:30	11:40	5.8764	1.4711	4	11:30	11:40	3.8777	1.4711	4	11:30	11:40	0.0004	1.4711	4
8	9	442.54	11:30	11:40	3.1011	1.4711	4	11:30	11:40	1.1025	1.4711	4	11:30	11:40	0.0967	1.4711	4
2	3	461.09	11:30	11:40	3.7092	1.4712	4	11:30	11:40	1.7103	1.4712	4	11:30	11:40	0.4893	1.4712	4
2	8	339.43	13:00	13:10	1.2051	0.8855	5	11:30	11:40	0.0496	1.4712	4	11:30	11:40	0.0464	1.4712	4

Tablo 1: 2000:23:11 günü için planlanan ölçme oturumlarının dağılımı.

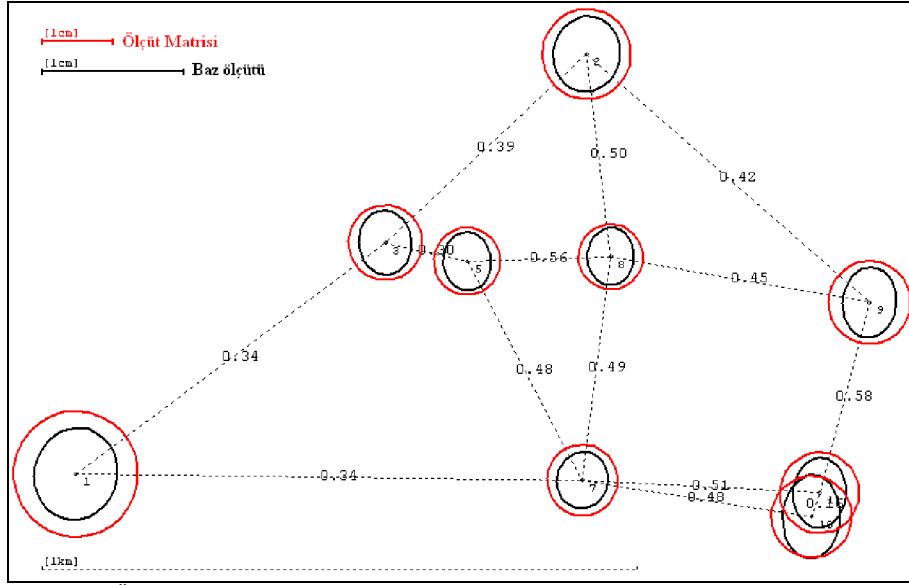


Şekil 3: Ölçüt matrisi ve global ölçüt ile elde edilen ağırlık hata elipsleri ve güven ölçütleri.



Şekil 4: Ölçüt matrisi ve iz ölçütü ile elde edilen ağırlık hata elipsleri ve güven ölçütleri.

3. Baz ölçütü, diğer ölçütler içerisinde izotrop yapıya daha yakın hata elipsoidleri sergilemektedir. Bu durumda ağın dış kuşağındaki güven ölçütleri iyileşmekte, buna karşın aynı oranda iç kuşağındaki güven ölçütleri de zayıflamaktadır. Buna karşın, global ölçütten ulaşılan dağılımlara göre çok anlamlı bir kazanım elde edilememektedir (Şekil 5)

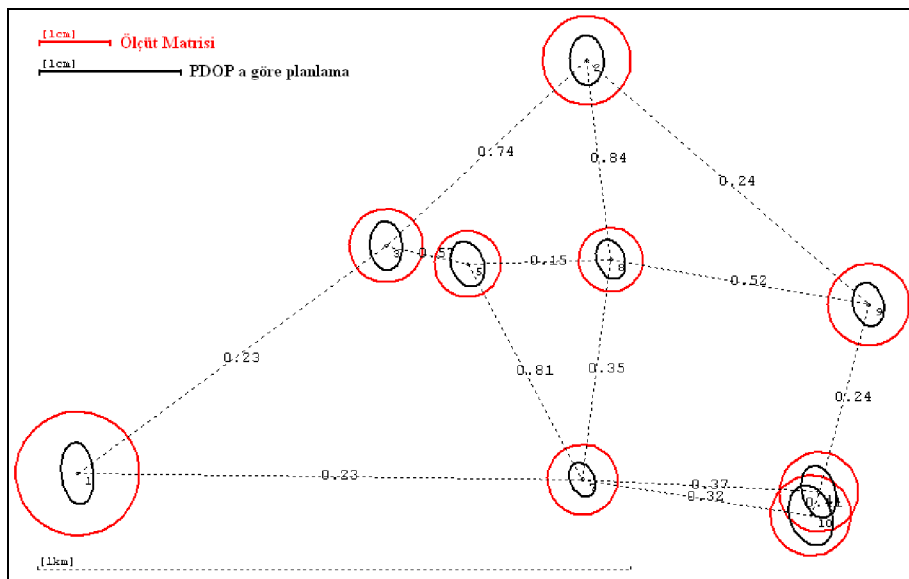


Şekil 5: Ölçüt matrisi ve baz ölçütü ile elde edilen ağın hata elipsleri ve güven ölçütleri.

4. Gün içerisinde PDOP değerleri 2 birimden daha küçük olarak elde edilebilmektedir. Bu durumda tasarımcının uygun kombinasyonlar deneyerek, ağın öncül duyarlık ve güvenilirlik sonuçlarına ulaşmak isteyebilir. Buna karşın bu değerleri global ölçütün sağladığı oranda garanti edilebileceğini söyleyemeyiz (Tablo 2, Şekil 6). Başka bir deyişle güvenilirlik dağılımının da ağın öncül değerleriyle uyumu gerekmektedir.

Başla	Bitir	Ölçü Noktalar (3 aletle)	Bazlar
8:00	08:10	1 - 3 - 7	1 - 3, 1 - 7
8:30	08:40	3 - 5 - 7	3 - 5, 5 - 7
9:00	09:10	5 - 7 - 8	5 - 8, 7 - 8
9:30	09:40	7 - 10 - 11	7 - 10, 7 - 11
10:00	10:10	9 - 10 - 11	9 - 11, 10 - 11
10:30	10:40	2 - 8 - 9	2 - 9, 8 - 9
11:00	11:10	2 - 8 - 3	2 - 3, 2 - 8

Tablo 2: Üç alıcı ile arazi şartları, uydu sayısı ve PDOP değerlerine göre ölçme planı. (08:00-11:10 arası uydu sayısı ≥ 6 ve PDOP ≤ 1.5)



Şekil 6: Ölçüt matrisi ve PDOP a göre planlama ile elde edilen ağın hata elipsleri ve güven ölçütleri.

5. Sonuç olarak, ağın öncül tasarım parametreleri olarak ele alınan optimum duyarlık ölçütleriyle daha uyumlu ve daha çok sayıda ölçme oturumu elde edilebilmektedir. Bu durumda da homojen güvenilirlik dağılımlarına ulaşılabilmektedir.

4 .SONUÇ VE ÖNERİLER

- * GPS ağlarının tasarımı aşamasında; amaç fonksiyonu olarak ağın tümünü temsil eden ve her noktasında eşit duyarlık isteklerini yeterince karşılayabilecek amaç fonksiyonları seçilmelidir.
- * Optimizasyon stratejisi olarak; analitik çözümlerin kullanıldığı duyarlık ve güvenilirlik optimizasyonu temel alınmalıdır.
- * GPS gözlemlerinin doğası gereği, duyarlık ve güvenilirlik optimizasyonu sonucunda ulaşılan istekleri karşılayabilmek amacıyla; uydu yörünge bilgilerinden yararlanılarak, ölçme oturumlarının en uygun dağılımının yanı sıra, optimizasyon sonuçlarına en yakın varyans –kovaryansların en uygun değerleri de aynı anda belirlenmelidir.
- * Ölçme oturumlarının sayısı ve buna bağlı olarak ulaşılan varyans-kovaryans dağılımları, optimizasyona başlamadan önce doğrudan tasarım parametresi olarak öngörülen ölçme oturumu sayısına bağlıdır. Ele alınan ağda, gün içerisinde yapılabilecek oturum sayısı önceden planlanmalı ve optimizasyonun bu aşamasında önemli birer tasarım parametresi olan oturumlara ilişkin saat dilimleri ve süreleri ile gözlem epokları bu plana dayanılarak düzenlenmelidir.
- * Daha fazla ölçme oturumu ve eşit düzeyde denetlenebilir bir ölçme planına sahip bir GPS ağı için global ölçütün temel alındığı Baz Optimizasyonu işlemi gerçekleştirilmelidir.
- * Sonuç olarak; önerilen önerilen baz optimizasyonu işlemi, GPS ağlarının tasarımı aşamasında gerçekleştirilmesi gereken bir duyarlık ve güven optimizasyonu işlemiyle daha tutarlı sonuçlar üretebilmektedir. Böyle bir optimizasyon işlemi sonucunda gerçek ve uygulanabilir bütüncül bir ölçme planına ulaşılabilecektir. Ayrıca tesis ve ölçme işlemlerine başlanmadan, ele alınan ağ hakkında gerçeğe yakın bilgiler elde edilebilecek ve gerekirse ölçme zamanları ağdan beklenen amaca uygun olarak seçilebilecektir.
- *Ağ ve baz optimizasyonu olarak iki aşamaya ayrıştırılan yazılımlar uygulayıcıların kullanabilecekleri biçimde tasarlanabilir (Kurt vd. 1999, Konak vd. 2004). Böylece kullanıcı ağdan beklenen duyarlık ve güvenilirlik isteklerine göre tasarlayacağı ağ için yalnızca ağ noktalarının yaklaşık koordinatları ile GPS haftasına ilişkin yörünge bilgilerini girerek, en uygun ölçme planına ulaşabilecekler ve ölçü sürelerini de otomatik olarak belirleyebilecekler.

KAYNAKLAR

- Açııcı E., Kurt O., Açıık M. ve Akyüz Ö., 2003. *GPS Ölçüleri ile Geçerli Konum Bilgilerinin Elde Edilmesi*, TMMOB HKMO Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 30-31 Ekim, İstanbul.
- Konak H., Kurt O. ve Öztürk E., 2004. *Günümüzde Mühendislik Ağlarının Tasarımı Üzerine Öneriler*, TUJK 2004 Bilimsel Toplantısı, Mühendislik Ölçmelerinde Jeodezik Ağlar Çalıştayı, 14-16 Ekim 2004, ZKÜ, Zonguldak.
- Kurt O., 1996. *GPS Ölçülerini Değerlendirildiği Yermerkezli Üç Boyutlu Jeodezik ağlarda Duyarlık ve Güven Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., F.B.E., Trabzon.
- Kurt O., Konak H. ve Dilaver A., 1999. *GPS Ağlarında Duyarlık ve Güven Optimizasyonu*, 7. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 135 - 152, Ankara.
- Kurt O., 2003. *GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesinde Başlangıç faz Belirsizliğinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Y.T.Ü., F.B.E., İstanbul.
- URL 1, *IGS Data and Products*, IGS Central Bureau, JPL MS 238-540, 4800 Oak Grove Drive, Pasadena, CA 91109. http://igsceb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html, 1 Mart 2004