

# TARİHSEL GELİŞİMİ İÇERİSİNDE İSTANBUL NİRENGİ AĞININ MATEMATİK İSTATİSTİK ANALİZİ

Nihat ERSOY

## ÖZET

Klâsik ölçme yöntemleri kullanılarak oluşturulan İstanbul Nirengi Ağının tarihsel gelişim süreci açıklanmıştır. Dokuz ayrı dönemde yapılan çalışmalarla oluşturulan bu ağın, II. ve V. dönemlerine ait ölçüleri elde edilebilmiştir. İstanbul Nirengi Ağının oluşturulmasında kullanılan bu ölçülerin, şimdiye kadar yapılanlardan farklı olarak matematik istatistiksel testlerle analizi yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, İstanbul Nirengi Ağının iç doğruluğunu belirlemektir. Analiz sonuçlarının eski sonuçlarla karşılaştırılması yapılarak, II. ve V. dönemlerde yapılan nirengi ölçülerinin duyarlılığı ve güvenilirliği kontrol edilmiştir.

## ABSTRACT

The historical development period of Istanbul city triangulation network which was made up by terrestrial measurements has been explained. The measurements that belong to second and fifth period of this network that has been constructed by working in nine separate period have been obtained. These measurements were in Istanbul Geodetic Network and analyzed by using mathematics statistical test techniques which haven't been applied until now.

The purpose of the presented study is the determination of Istanbul triangulation network with internal accuracy. The precision and the reliability of triangulation measurements that have been made in second and fifth periods have been controlled by making comparison between analysis results and old results.

## 1. GİRİŞ

Haritalar, yeryüzünde belirli bir koordinat sistemine göre koordinatları tanımlanan nirengi ve nivelman ağları yardımı ile yapılır. Bir haritanın duyarlılığını belirleyen en önemli etken dayanmış olduğu nirengi ve nivelman ağıdır.

Şehir nirengi ağları, öncelikle kullanım amaçlarının gerektirdiği özelliklere sahip olacak biçimde kurulurlar. Genel olarak bir ağ planlanırken ağ elemanlarının ve ağdan türetilen büyüklüklerin beklenen duyarlılığı sağlanması, ağın uygun geometrik yapıda olması ve olabildiğince az harcama ile kurulup ölçülmesi gibi ölçütler dikkate alınmalıdır.

Şehir nirengi ağlarının oluşturulması için kurulan jeodezik ağların duyarlılığı yanında, güvenli olması da istenir. Ölçülerin En Küçük Kareler Yöntemine göre dengelenmesi ile hesaplanan “birim ölçünün karesel ortalama hatası”, ölçülerin gerçek değerlerine ne kadar yakın oldukları hakkında genel bir bilgi verir.

Bu bilgiler jeodezik ölçülerin değerlendirilmesinde yeterli olmadıklarından, dengeleme ile elde edilen sonuçların analizinin matematik istatistiksel testlerle değerlendirilmesi gerekir. Bu istatistiksel testler ile dengeleme sonucu elde edilen kesin değerlerin duyarlılıkları ve güvenilirlikleri belirlenir.

## 2. DATUM BELİRLEME

Matematiksel jeodezinin alanı içerisinde yeryüzünün tümünün veya bir parçasının fiziksel şeklini belirlemek amacı ile yeryüzünün ölçülmesi ve bir yüzeye izdüşürülmesi için, bir koordinat sisteminin tanımlanması ve fiziksel yeryüzünde bu sisteme göre tanımlanan nirengi noktalarının koordinatlarının bilinmesine ihtiyaç vardır /7/, /11/.

Fiziksel yeryüzünde ölçülen eğik uzunlukların ve doğrultu ölçülerinin elipsoit yüzeyine indirgenmesinden sonra bu ölçüler ;

$$\delta s_{ik} = S_{ikp} - s_{ike} = s_{ike} / 6 R_i^2 [(y_i^2 + y_i y_k + y_k^2)]$$

$$S_{ikp} = s_{ike} + \delta s_{ik} \quad (1)$$

$$\delta r_{ik} = T_{ik} - t_{ik} = \rho / 6 R_i^2 [(x_k - x_i) (2y_i + y_k)]$$

$$r_{ikp} = r_{ike} - (T_{ik} - t_{ik}) = r_{ike} - \delta r_{ik} \quad (2)$$

eşitlikleri ile projeksiyon düzlemine indirgenirler /6/, /13/, /14/. Bu eşitliklerde,

- $\delta r_{ik}$  : açıklık açısı indirgeme miktarı
  - $\delta s_{ik}$  : eğik uzunluk indirgeme miktarı
  - $T_{ik}$  : elipsoit yüzeyinde noktalar arasındaki açıklık açısı
  - $s_{ike}$  : elipsoit yüzeyinde noktalar arasındaki uzunluk
  - $r_{ike}$  : elipsoit yüzeyinde noktalar arasındaki doğrultu açısı
  - $t_{ik}$  : projeksiyon düzleminde noktalar arasındaki açıklık açısı
  - $S_{ikp}$  : projeksiyon düzleminde noktalar arasındaki indirgenmiş uzunluk
  - $r_{ikp}$  : projeksiyon düzleminde noktalar arasındaki indirgenmiş doğrultu açısı
- $R_i = (M_i N_i)^{1/2}$  eşitliği ile bulunan  $\phi_i$  enlemine karşılık gelen Gauss küresinin yarıçapı

Elipsoit yüzeyine indirgenen bu ölçülerin belli bir konuma yerleştirilmesi datum sorunu olarak bilinir. Ölçülerin hesaplandığı dönel elipsoidin parametreleri (a,f) ile jeodezik elipsoidal dik koordinat sistemine göre noktaların konumlarını belirleyen koordinatlar jeodezik datumu oluşturur.

Türkiyede, 1924 yılında uluslararası jeodezi ve jeofizik birliği (IUGG) tarafından uluslararası elipsoit kabul edilen Hayford elipsoidi kullanılmıştır. Birçok Avrupa ülkesi aynı elipsoidi kullanmasına rağmen, kullandıkları koordinat sistemlerinin başlangıçları (datumları) farklıdır.

Bu yüzden ülkemizde datum başlangıcı olarak Meşedağ noktası kullanıldığından "Türkiye Ulusal Datumu", Avrupa datumundan farklı tanımlanmıştır. Avrupa ülkeleri ile datum birliğini sağlamak amacıyla Türkiye yatay kontrol nirengi ağının, Avrupa datumu olarak bilinen ED-50 datumuna geçişi, Yunanistan ve Bulgaristan sınırındaki 8 nokta ile bağlantısı kurularak sağlanmıştır.

Jeodezik datumu oluşturan ED-50 koordinatları, noktaların elipsoit yüzeyindeki değerleridir. bunların haritada gösterilmeleri için projeksiyonlarının yapılması gerekir. Bunun için, ülke içinde bölgesel haritaların üretiminde ve pratik uygulamalarda kullanılan düzlemsel dik koordinatlara dönüştürmek gerekir. Diğer bir deyişle, aynı bölge için oluşturulan ülke koordinat sisteminin yanında özel olarak oluşturulan yerel koordinat sisteminden söz edilebilir. Bu şekilde yerel koordinat sistemine dönüştürülen düzlemsel dik koordinatlara projeksiyon koordinatları da denir.

Kullanış amaçlarına göre (açı koruyan, uzunluk koruyan, alan koruyan gibi) değişik projeksiyonlar kullanılmaktadır (Bonne proj, UTM proj. gibi). Türkiyede bu projeksiyonlardan UTM projeksiyonu kullanılmaktadır. Bu projeksiyonun açınımlı silindirik üzerine olup, açı koruyan bir projeksiyondur. Dilim orta meridyeni x-eksenini, elipsoit ekvatoru ise y-eksenini oluşturur.

Türkiye, boylamlar arasındaki farkı 3° veya 6° olacak şekilde dilimlere ayrılmıştır. 6° 'lik dilimler milletler arası dilim numaralarına göre (Türkiyede bu numaralar 35,36,37 ve 38 dir.) gösterilirler. 1/25000 ve daha küçük ölçekli haritaları üretmek için kullanılan UTM projeksiyonunda ölçek faktörü ( $k_0$ ) : 0.9996 alınır. 3° 'lik dilimler milletler arası değildir. Bundan dolayı dilim numaraları ile gösterilmezler. Bunun yerine noktanın hangi dilimde olduğunu belirtmek için dilim başlangıç boylamları ile gösterilirler ( $L_0 = 27^\circ$ ,  $L_0 = 33^\circ$  gibi). 1/5000 ve daha büyük ölçekli haritaları üretmek için kullanılan bu projeksiyona, Gauss-Kruger projeksiyon düzlemi de denilmektedir. Bu projeksiyonda ölçek faktörü ( $k_0$ ) : 1.0000 alınır /4/, /9/, /14/.

### 3. AĞ DENGELEMESİ

Ağ dengelemesinden amaç, bilinmeyenlerin güvenilirlikleri ile birlikte en uygun değerlerini bulmak ve kullanılan matematiksel modelin istatistiksel analizini yapmaktır. Bunu yaparken ölçülerin normal dağılımlı oldukları varsayılarak en küçük karelere göre dengeleme yapılır.

Doğrultuların ve uzunlukların ölçüldüğü klâsik ağ dengelemesinde :  
i ve k noktaları arasındaki  $r_{ik}$  doğrultu ölçüsüne getirilecek düzeltme miktarı  $v_{ik}$  ise,

$$r_{ik} + v_{ik} = t_{ik} - z_i = \text{arc tg} \left[ \frac{(Y_k - Y_i)}{(X_k - X_i)} \right] - z_i \quad (3)$$

eşitliği ile yazılan gözlem denklemi, taylor seri açınımlı ile lineerleştirilirse,

$$v_{ik} = -dz_i - a_{ik}dx_i - b_{ik}dy_i + a_{ik}dx_k + b_{ik}dy_k - \ell_{ik} \quad (4)$$

doğrultu gözlemlerine ait düzeltme denklemi elde edilir. Bu eşitliklerde,

$$a_{ik} = -\sin t_{ik}^0 / S_{ik}^0 \quad ; \quad b_{ik} = \cos t_{ik}^0 / S_{ik}^0 \quad ; \quad -\ell_{ik} = t_{ik}^0 - r_{ik} - z_i^0 \quad \text{dir.} \quad (5)$$

i ve k noktaları arasındaki  $s_{ik}$  uzunluk ölçüsüne getirilecek düzeltme miktarı  $v_{ik}$  ise,

$$s_{ik} + v_{ik} = [(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2]^{1/2} \quad (6)$$

eşitliği ile yazılan gözlem denklemi, Taylor seri açılımı ile lineerleştirilirse,

$$v_{ik} = -A_{ik} dx_i - B_{ik} dy_i + A_{ik} dx_k + B_{ik} dy_k - L_{ik} \quad (7)$$

uzunluk gözlemlerine ait düzeltme denklemleri elde edilir. Bu eşitliklerde,

$$A_{ik} = \cos t_{ik}^0 \quad ; \quad B_{ik} = \sin t_{ik}^0 \quad ; \quad -L_{ik} = S_{ik}^0 - S_{ik}(\text{ölçü}) \quad \text{dir.} \quad (8)$$

Elde edilen her iki düzeltme denkleminde,

$$t_{ik}^0 = \arctan [(Y_k^0 - Y_i^0) / (X_k^0 - X_i^0)] \quad ; \quad S_{ik}^0 = [(Y_k^0 - Y_i^0)^2 + (X_k^0 - X_i^0)^2]^{1/2}$$

$$Z_i^0 = [t_{ik}^0 - r_{ik}] / n_i \quad \text{eşitlikleri kullanılır.} \quad (9)$$

Bu eşitliklerdeki değerler, yaklaşık koordinatlardan elde edilirler.

Bu düzeltme denklemlerinden yararlanarak dengelemede, ölçülerle bilinmeyenler arasında kurulacak matematiksel modelin iki bileşenini oluşturan,

Fonksiyonel Model :

ve

Stokastik Model :

$$\underline{L} = \underline{\Phi}(X)$$

$$\underline{P} = \underline{Q}^{-1} \quad (10)$$

$\underline{Q}_{\ell\ell}$  : ölçüler arasındaki korelasyonları gösteren ölçülerin ağırlık katsayıları matrisidir.

eşitlikleri ile kurulur. Bu kurulan matematiksel modelin Dayalı ağ dengelemesine göre çözümü için, fonksiyonel modelden oluşturulan normal denklem katsayılar matrisinde ( $\underline{N}$ ), ağın dış parametreleri (konum, ölçek ve yöneltme) belirli olduğundan regüler (düzgün) matristir. Bu durumda bu matrisin Cayley inversi ( $\underline{N}^{-1}$ ) hesaplanarak bu matris yardımı ile,

$$\underline{N}^{-1} = (\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^{-1} \quad \hat{\underline{x}} = (\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{P} \underline{\ell} = \underline{N}^{-1} \underline{n} \quad (11)$$

koordinat bilinmeyenleri vektörü ( $\hat{\underline{x}}$ ) hesaplanır.

Serbest ağ dengelemesinde, tüm noktalar bilinmeyen alınarak tüm iz minimum ilkesi ile yapılan çözümde ; konum belirsizliği, yöneltme ve ölçek sorunu oluşur. Bu durumda dayalı ağ dengelemesi ile kurulan normal denklem katsayılar matrisi ( $\underline{N}$ ), singüler (tekil) matristir.

Yani  $\det(\underline{N}) = 0$  olduğundan Cayley inversi hesaplanamaz. Bunun yerine koordinat bilinmeyenlerinin karelerinin toplamının minimum ( $\underline{\hat{x}}^T \underline{\hat{x}} = \min.$ ) olduğu koşulun sağlanması öngörülerek dengeleme yapılır.

Bu dengeleme ile kurulan normal denklem katsayılar matrisinin ( $\underline{N}$ ), Moore-penrose (pseudo) inversi hesaplanarak bu koşulu sağlayan tek anlamlı çözüm gerçekleştirilir. Pseudo inversin hesaplanabilmesi, diğer bir ifade ile bu matrisin çözülebilmesi, ağ noktalarının yaklaşık koordinatlarının ağırlık merkezine indirgenmiş değerleri ile kurulan  $\underline{G}$  matrisi yardımı ile olur. Böylece  $\underline{N}$  matrisinin determinanı sıfırdan farklı hale getirilerek pseudo invers,

$$\underline{N}^+ = (\underline{N} + \underline{G} \underline{G}^T)^{-1} - \underline{G} (\underline{G}^T \underline{G} \underline{G}^T \underline{G})^{-1} \underline{G}^T \quad (12)$$

eşitliği ile veya  $(\underline{G}^T \underline{G} \underline{G}^T \underline{G}) = I$  birim matris olduğundan,

$$\underline{N}^+ = [(\underline{N} + \underline{G} \underline{G}^T)^{-1} - \underline{G} \underline{G}^T] \quad \text{eşitliği ile hesaplanır.} \quad (13)$$

$$\underline{\hat{x}} = (\underline{N} + \underline{G} \underline{G}^T)^{-1} \underline{A}^T \underline{P} \underline{\ell} = \underline{N}^+ \underline{n} \quad (14)$$

koordinat bilinmeyenleri vektörü ( $\underline{\hat{x}}$ ) hesaplanır.

Dayalı ağ dengelemesindeki sabit alınan noktaların datum noktası seçilmesi ile kısmi iz minimum ilkesi ile yapılan çözümde ; pseudo inversi oluşturan  $\underline{G}$  matrisinin, datum belirleyici noktaları dışındaki satırlarının sıfırlanması ile  $\underline{B}$  matrisi oluşturulur. Bu matris yardımı ile pseudo invers,

$$\underline{N}^- = (\underline{N} + \underline{B} \underline{B}^T)^{-1} - \underline{B} (\underline{B}^T \underline{B} \underline{B}^T \underline{B})^{-1} \underline{B}^T \quad (15)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu matris yardımı ile,

$$\underline{\hat{X}} = \underline{N}^- \cdot \underline{n} \quad (16)$$

bilinmeyenler vektörü ( $\underline{\hat{X}}$ ) hesaplanır. Dengelemeler ile bulunan birim ağırlıklı ölçünün varyansı

Dayalı ağ dengelemesine göre :

Serbest ağ dengelemesine göre :

$$\hat{\sigma}_0^2 = \underline{V}^T \underline{P} \underline{V} / (n - u) \quad \hat{\sigma}_0^2 = \underline{V}^T \underline{P} \underline{V} / (n - u + d) \quad (17)$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Daha sonra, koordinat bilinmeyenlerine ait varyans-kovaryans matrisinden ( $\underline{K}_{XX} = \hat{\sigma}_0^2 \underline{N}^+$ ) yararlanarak jeodezik ağların duyarlılığını ve güvenilirliğini belirleyen noktalara ilişkin ortalama hatalar ile hata elipsi parametreleri ve nokta konum duyarlılıkları hesaplanır. Noktalara ilişkin ortalama hatalar,

$$\hat{\sigma}_{x_i} = \hat{\sigma}_0 \sqrt{Q_{x_i x_i}} \quad ; \quad \hat{\sigma}_{y_i} = \hat{\sigma}_0 \sqrt{Q_{y_i y_i}} \quad (18)$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Konum hataları ise,

$$\hat{\sigma}_p = \sqrt{(\hat{\sigma}_x^2 + \hat{\sigma}_y^2)} \quad (19)$$

eşitliği ile hesaplanır /2/, /5/, /8 /.

#### 4. İSTATİSTİK TESTLER

Jeodezik ağların değerlendirilmesinde yalnızca dengeleme sonuçları ve bunlara ilişkin doğruluk ölçütleri yeterli değildir. Kurulan matematiksel modelin doğruluğu, istatistiksel test yöntemleri ile araştırılmalı ve model hataları ortaya çıkarılmalıdır. Bu nedenle kurulan matematiksel model hipotezinin testi için, dengeleme ile belirlenen birim ağırlıklı ölçünün soncul varyansı (a posteriori varyans)  $\hat{\sigma}^2$  ile öncül varyansı (a priori varyans)  $\sigma^2$  karşılaştırılır. kurulan model hipotezinin doğruluğunun geçerli olması için aşağıda verilen test büyüklüğü,

$$T = \hat{\sigma}^2 / \sigma^2 \quad (20)$$

olarak seçilir. Test büyüklüğü (T),  $\alpha$  istatistiksel yanılma olasılığı ile,  $f_1 = f = n-u+d$  ( $\hat{\sigma}^2$ 'nin serbestlik derecesi) ve  $f_2 = \infty$  ( $\sigma^2$ 'nin serbestlik derecesi) ile F-testi veya  $\chi^2$  (chi-square) dağılım tablosundan alınan F değeri ile karşılaştırılır.

$$T > F_{f, \infty, \alpha} = \chi_{\infty, \alpha} \quad \text{ise,}$$

matematiksel modelin hatalı olduğuna karar verilir. Aksi halde model hatası olmadığı ortaya çıkar. Bu test de, jeodezik ağın dengeleme modeli hakkında genel bir karar verildiğinden dolayı çok boyutlu test de denilmektedir /12/.

Jeodezik ağda yapılan ölçülerde kaba hataları ortaya çıkarmak için, her bir ölçünün uyuşumsuz olup olmadıkları, Baarda (data-Snooping), Pope ( $\tau$ -ölçütü) ve  $t$ - testine göre verilen test büyüklüklerinden herhangi birine veya birkaçına göre yapılan uyuşumsuz ölçü testleri ile test edilir. Bu eşitliklerdeki test büyüklüklerinin en büyüğü ( $T_{\max}$ ),  $1 - \alpha_0$  istatistiksel yanılma olasılığı ve  $f$  serbestlik derecesine göre, standart normal dağılım tablosundan alınan  $F$  değeri ile karşılaştırılır.

$$T_{\max} > F_{f, 1-\alpha_0/2} \quad \text{ise,}$$

o ölçünün uyuşumsuz olduğuna karar verilir. Bu durumda ölçü atılır. Dengeleme yenilenir. Test işlemlerine, tüm test büyüklükleri karşılaştırma değerlerinden küçük kalıncaya kadar devam edilir /2/, /3/, /5/.

Uyuşumsuz ölçüler ayıklandıktan sonra, Serbest ağ dengelemesi ile bulunan yeni koordinatlar ile bağlantı noktalarına ilişkin eski koordinatların oluşturduğu her iki sistem arasında Helmert benzerlik dönüşümü yapılarak bağlantı noktaları ile ağın geometrisini oluşturan ölçeğin uyuşumlu olup olmadıkları test edilir /3/, /5/, /8/.

## 5. UYGULAMA

Ülkemizin en kalabalık nüfusa sahip ve hızla büyüyen şehri İstanbul dur. Siyasal, sosyal ve coğrafik nedenlerle İstanbul'un bir plân içerisinde geliştiğini söylemek zordur. Bu büyük kentin kendine özgü sorunları ancak etkin bir plânlama ile çözülebilir. Etkin bir plânlamanın ve uygulamanın altlığı ise, duyarlı ve güvenilir bir nirengi ağına dayalı, içeriği doğru güncelleştirilebilen haritalardır. Bu haritalar kentlerin yerleşim, imar ve ulaşım plânları ile teknik alt yapı hizmetleri deneyim, su, elektrik gibi yapıların altlığını oluşturur /9/, /10/.

İstanbul yönetimi, yaklaşık yüzyıl önce bu gereksinmeyi duymuş ve 1909 yılından itibaren sivil amaçlar için bazı kurumlara değişik zamanlarda şehrin gelişimine paralel olarak, bir kısmı eklemeye yapılmak sureti ile yapılaşma tarihlerine göre Tablo-1 de görüldüğü gibi toplam 9 dönemi kapsayacak şekilde yapılan yersel çalışmalarla, İstanbul Nirengi Ağı oluşturulmaya çalışılmıştır (Şekil-1) /1/.

Bir nirengi ağının değerlendirilmesi, onun bugünkü durumu ile kullanılabilir olmasına bağlıdır. Aksi halde tüm emekler sonucunda elde edilen hesap sonuçları işe yaramaz. Bu nedenle elimizde II. ve V. döneme ait ölçü değerleri mevcut olmasından dolayı, en uygun değerlendirme olanağı veren bu dönemlerde oluşturulan nirengi ağlarının (Şekil-2, Şekil-3), iç duyarlıklarını ve sabit alınan noktaların uygunluğunu belirlemek amacı ile her iki dönemdeki ölçüler en küçük kareler yöntemi ile dayalı ve serbest ağ dengelemesi şeklinde dengelenmiştir. Dengelemeler ile bulunan birim ölçünün karesel ortalama hataları Tablo-2 de verilmiştir.

**Tablo- 2 : Dengelemeler Sonucu Bulunan Birim Ölçünün Karesel Ortalama Hataları ve Nokta Konum Duyarlıkları**

<b>II. DÖNEM (Almanlar Tarafından Yapılan Ölçüler)</b>			
<b>Koşullu Ölçüler Dengelemesi</b>	<b>Dayalı Ağ Dengelemesi</b>	<b>Serbest Ağ Dengelemesi</b>	
		<b>Tüm iz min. göre</b>	<b>Kısmi iz min. göre</b>
[VV] = 4563.675 $m_o = \pm 16^{cc}.4$	[PVV]=4894.624783 $m_o = \pm 16^{cc}.4901$	[PVV] =4161.553509 $m_o = \pm 16^{cc}.6564$	[PVV]=4161.553816 $m_o = \pm 16^{cc}.6564$
$m_{Port} =$ (cm) $m_{Pmax} =$ (cm)	$m_{Port} = \pm 49.88$ cm $m_{Pmax} = \pm 62.72$ cm	$m_{Port} = \pm 57.93$ cm $m_{Pmax} = \pm 92.95$ cm	$m_{Port} = \pm 87.24$ cm $m_{Pmax} = \pm 134.43$ cm
<b>V. DÖNEM (Avni Par Tarafından Yapılan Ölçüler)</b>			
[VV] = 724.038 $m_o = \pm 4^{cc}.31$	[PVV] =726.285665 $m_o = \pm 4^{cc}.2088$	[PVV] = 347.295776 $m_o = \pm 3^{cc}.0231$	[PVV] =348.449232 $m_o = \pm 3^{cc}.0282$
$m_{Port} =$ (cm) $m_{Pmax} =$ (cm)	$m_{Port} = \pm 10.76$ cm $m_{Pmax} = \pm 25.31$ cm	$m_{Port} = \pm 14.60$ cm $m_{Pmax} = \pm 24.33$ cm	$m_{Port} = \pm 21.59$ cm $m_{Pmax} = \pm 39.94$ cm

Tablodaki noktaların karesel ortalama konum hataları incelendiğinde, II. dönem ölçülerinin kısmi iz minimum ilkesi ile dengelenmesi sonucunda, seçilen datum noktalarının diğer noktalar üzerindeki konum duyarlıklarına etkilerinin çok büyük olduğu görülmüştür. Buradan bu dönemdeki datum noktaları seçiminin uygun olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Dayalı ve Serbest ağ dengelemeleri sonuçlarının istatistiksel testlerle analizi sonrasında, Pope ve Baarda'ya göre yapılan uyuşumsuz ölçü testlerinde, uyuşumsuz ölçüye rastlanmamıştır. Ağın iç duyarlılığını belirleyen iç güvenilirlik ölçütü olarak her bir  $l_i$  ölçüsünün  $v_i$  düzeltmesine düşen yansıma paylarını veren kısmi redundanzlarının araştırılması sonucunda,

II. Dönem : 2024-2153 nolu doğrultu ölçüsünde,  $r_{min} = 0.52$   
2201-2153 nolu doğrultu ölçüsünde,  $r_{max} = 0.90$

V. Dönem : 5010-5023 nolu doğrultu ölçüsünde,  $r_{min} = 0.29$   
5019-5003 nolu doğrultu ölçüsünde,  $r_{max} = 0.88$

olarak hesaplanan bu değerler öngörülen  $0.3 \leq r_i \leq 1$  arasında kaldığından, bu dönemlerdeki ölçülerin, hatalar karşısında birbirlerini karşılıklı olarak iyi kontrol etmekte oldukları görülmektedir.



Tüm noktaların serbest ađ dengelemesi ile elde edilen koordinatları, Helmert benzerlik dönüşümü ile dayalı dengeleme sonucu bulunan noktaların koordinatlarına dönüştürülmüştür.

ŞEKİL - 2 TEK BİR SAYFAYA (sayfa-9)

ŞEKİL -3 TEK BİR SAYFAYA GELECEK ŞEKİLDE (sayfa-10)

YERLEŐECEK

Her iki dönemde, Helmert benzerlik dönüşümünün ardından yapılan nokta uyuşum testi sonucunda, tüm noktaların uyuşumlu olduğu görülmüştür.

Her iki dönemdeki ölçek bilinmeyenleri,

$$\text{II. Dönem : } T = 788.241 > F = 4.540$$

$$\text{V. Dönem : } T = 175.657 > F = 7.390$$

olarak hesaplanmıştır. Verilen test büyüklüğünün tablo değerinden büyük olması, iki nokta kümesi arasında anlamlı bir ölçek farkı olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen dengelemeler ile bulunan noktaların koordinatları, II. ve V. dönem dengeleme sonuçları ile karşılaştırıldığında, koordinatlar arasında 0.5 metreye varan farklılıklar görülmüştür. Nokta koordinatları arasındaki farkların yüksek olması bizi ölçek uyuşumsuzluğunun doğal olduğu sonucuna ulaştırmıştır.

## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

II. ve V. dönem nirengi çalışmalarında, o günün hesaplama olanaklarındaki sınırlamalar nedeni ile yalnızca noktaların dengeli koordinatları hesaplanmış, dengeleme sonrası duyarlık ve güvenilirlik ölçütleri hesaplanmamıştır.

Bu çalışmada ise, hesap zorlukları nedeni ile değerlendirmeye alınmayan ölçülerin hesaba katılması ile en küçük kareler yöntemiyle dolaylı ölçüler dengelemesi yapılmıştır. Dengelemeler sonrasında, II. ve V. dönem nirengi ağlarına ilişkin tüm duyarlık ve güvenilirlik ölçütleri hesaplanarak daha önceki çalışmalarda eksik kalan dengeleme sonuçlarının matematik istatistik testlerle analizi gerçekleştirilmiştir.

Analiz sonucunda, klâsik yöntemle yapılan çalışmalar göstermiştir ki, bir yerin haritası yapılacağı zaman, o yerin gelecekte alacağı durumda göz önüne alınarak nirengi ağının kapsayacağı alan, haritası alınacak alanın olabildiğince dışına taşacak şekilde genişletilmelidir. Aksi halde ekleme sureti ile nirengi ağlarındaki homojenlik bozulmakta ya da çeşitli zorlamalar nedeniyle yeni yapılan ağdaki nirengi noktalarının koordinatları ile eskileri arasında çok büyük farklar ortaya çıkmaktadır.

Her iki dönemde yapılan değerlendirmelerde, Helmert benzerlik dönüşümünün ardından yapılan nokta uyuşum testi sonucunda, tüm noktaların uyuşumlu çıkması, ağların geometrisinin ve ağlarda yapılan gözlemlerin doğruluğunun iyi olduğunu, ölçek testinin uyuşumsuz çıkması ise, iki nokta kümesi arasında anlamlı bir ölçek farkı olduğunu göstermiştir.

İstanbul tarih ve kültür mirası yönünden zengin, yapılaşması sık ve geniş yerleşim alanına sahip bir kenttir. Bu nedenle metro, tüpgeçit, köprü, otoyol gibi geniş kapsamlı büyük projelerin gerçekleştirilmesi ile arazi ve arsa değerlerinin çok yüksek olmasından dolayı taşınmaz sınırlarındaki anlaşmazlıktan doğan problemlerin çözülmesi için, mevcut harita ve nirengi ağlarının, örneğin uydu tekniklerinden GPS yöntemi gibi yeni teknolojilerin uygulanarak duyarlık ve güvenilirliklerinin artırılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- /1/ **ALGÜL, E., AYAN, T., GÜNEŞ, İ.R.,** : İstanbul Nirengi Ağı ve Düşündürdükleri, İTÜ, 1988.
- /2/ **AYAN, T.,** : Uyuşumsuz Ölçüler Testi, HKMD, Sayı:72, s.38-47, Ankara, 1992.
- /3/ **DEMİREL, H.,** : Nirengi Ağlarının Dengelenmesi ve Sonuçlarının Test Edilmesi, Harita Dergisi, s.98, Ankara, 1987.
- /4/ **ERSOY, N.,** : Jeodezik Ağlarda Değer Yargıları, Yük.Lisans Tezi, YTÜ, 1991.
- /5/ **ERSOY, N.,** : İstanbul Nirengi Çalışmalarının Yersel ve GPS Ölçüleri ile Değerlendirilmesi ve Analizi, Doktora Tezi, YTÜ, 1997.
- /6/ **GÜRKAN, O.,** : Fiziksel Jeodezi, KTÜ Basımevi, Trabzon, 1984.
- /7/ **HEİSKANEN, A. W., MORİTZ, H.,** : Physical Geodesy, Fransisco, 1967.
- /8/ **HOŞBAŞ, R.G.,** : Baraj Deformasyonlarının Belirlenmesinde Jeodezik Yaklaşımların İrdelenmesi ve Bir Öneri, Doktora Tezi, YTÜ, 1992.
- /9/ **KIRAN, H.,** : İstanbul Şehir Nirengi ve Nivelman Ağlarının İncelenmesi, İDMMA, Harita ve Kadastro Bölümü, İstanbul, 1974.
- /10/ **KOÇAK, E.,** : Şehir Haritalarında Ayrı Triyagülasyon Ağlarının Birleştirilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Matbaası, Trabzon, 1974.
- /11/ **KRAKİWSKY, E.J., WELLS, D.E.,** : Coordinate Systems in Geodesy, The Department of Surveying Engineering, The University of New Brunswick, Fredericton N.B., 1971.
- /12/ **ÖZTÜRK, E.,** : Nirengi Ağlarının Değerlendirilmesi, HKMO Dergisi, Sayı 72, Ankara, 1992.
- /13/ **TUĞLUOĞLU, A.,** : Geodezik Ölçülerin Elipsoid Yüzeyine İndirgenmesi, YÜ, 1975.
- /14/ **ÜNAL, T.M.,** : Ülke Nirengi Ağlarını Yerleştirme, Yönelme ve Dengeleme Yöntemleri, Doçentlik Tezi, İDMMA Harita Kadastro Fakültesi, İstanbul, 1981.

