

YATAY KONTROL AĞLARININ DENGELENMESİNDE KULLANILAN STOKASTİK MODELLERİN KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN KRİTERLER

Erol Yavuz*

Zeki Coşkun**

Orhan Baykal**

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, klasik yatay kontrol ağlarının dengelenmesinde kullanılan stokastik modelleri karşılaştırarak hangi koşullarda hangi stokastik modelin daha uygun olduğunu belirlemektir.

1. GİRİŞ

Yüksek doğruluk gerektiren jeodezik ağların dengelenmesinde kullanılan stokastik modelleri karşılaştırabilmek için öncelikle, uygulanabilecek istatistik testlerden yararlanarak somut karşılaştırma kriterleri tanımlanmalıdır.

Aşağıda açıklanacak karşılaştırma kriterlerinin güvenilir sonuçlar vermesi,

- 1- "dengeleme öncesinde tüm kaba ve sistematik hatalar elemine edilmiştir",
- 2- "fonksiyonel model hatası yoktur"

varsayımlarının geçerli olmasına sıkı, sıkıya bağlıdır.

2. KARŞILAŞTIRMA KRİTERLERİ

2.1 Kriter 1 : Sonuç Verme

Stokastik modellerin karşılaştırılması amacına yönelik dengeleme hesaplarında ölçüler vektörü ve fonksiyonel model sabit tutulur. Stokastik model değiştirilerek yapılan hesaplarda, pratik olarak kabul edilir bir zaman süresi içinde anlamlı ve doğru sonuç veren stokastik modeller, doğal olarak, vermeyenlerden daha üstündür.

(*) : Yıldız Teknik Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Harita Programı

(**) : İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

2.2 Kriter 2 : Soncul Varyans Faktörünün Global Testi ve Uyuşumsuz Ölçü Testi

Ağ dengelemesi sonucu tahmin edilen a posteriori varyans faktörünün ($\hat{\sigma}_0^2$), bir ön dengelemeyle ya da farklı bir biçimde belirlenen a priori varyans faktörüyle (σ_0^2) uyumluluğunun belirlenmesi için global test uygulanır. Bu testte gözlemlerin presizyonlarıyla ilgili öncül bilgilerin mevcut olması gerekir. Aksi halde test sonuçlarının anlamlı fiziksel yorumu zordur, (Kuang,1996). Global test için σ_0^2 ile $\hat{\sigma}_0^2$ karşılaştırılır ve sıfır hipotezi altında, a posteriori varyans faktörünün ümit değerinin, a priori varyans faktörüne eşit olduğu varsayılır,

$$E \{ \hat{\sigma}_0^2 | H_0 \} = \sigma_0^2 \quad (2.1)$$

ya da

$$E \{ (\hat{\sigma}_0^2 / \sigma_0^2) | H_0 \} = 1 \quad (2.2)$$

Test büyüklüğü olan

$$T = \hat{\sigma}_0^2 / \sigma_0^2, \quad \hat{\sigma}_0^2 > \sigma_0^2, \quad \text{veya} \quad (2.3)$$

$$T = \sigma_0^2 / \hat{\sigma}_0^2, \quad \sigma_0^2 > \hat{\sigma}_0^2$$

değeri, F dağılım çizelgesinden alınan $F_{f_1, f_2, 1-\alpha}$ ya da $F_{f_2, f_1, 1-\alpha}$ sınır değeri ile karşılaştırılır

(f_1 $\hat{\sigma}_0^2$ nin, f_2 ise σ_0^2 nin serbestlik derecesidir). Eğer

$$T > F_{f_1, f_2, 1-\alpha}, \quad \hat{\sigma}_0^2 > \sigma_0^2 \quad \text{veya} \quad (2.4)$$

$$T > F_{f_1, f_2, 1-\alpha}, \quad \sigma_0^2 > \hat{\sigma}_0^2$$

ise model hatası olduğuna karar verilir (Caspary, 1987). Bu durumda varyans-kovaryans matrisi, a posteriori varyans kullanılarak aşağıdaki şekilde değiştirilir.

$$\hat{C}_1 = \hat{\sigma}_0^2 C_1 \quad (2.5)$$

Bu işlem sıfır hipotezi geçerli olana kadar iteratif olarak sürdürülür (Kuang, 1996).

Buna rağmen sıfır hipotezi reddedilirse, uyuşumsuz ölçüler testiyle uyuşumsuz ölçüler ayıklanır (Kuang, 1996).

İstatistiksel anlamda aynı normal dağılıma ait ölçüler kümesinin elemanları olmayan, dengelemeye katılmaları durumunda dengeleme sonuçlarını olumsuz yönde etkileyen uyuşumsuz ölçüler, yapılacak çeşitli testlerle belirlendikten sonra, mümkünse ölçüler kümesinden çıkarılır ya da yeniden ölçülür veya bu ölçülerin etkileri azaltılarak dengeleme yinelenir.

Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi amacıyla Baarda'nın "Data Snooping" testi, Pope'nin "Tau" testi ve "t" - testi gibi çeşitli istatistiksel test yöntemleri geliştirilmiştir. Uyuşumsuz ölçü araştırılmasında, normlandırılmış düzeltme kullanılır. Düzeltmelerin normlandırılması için değişik varyans faktörlerinin kullanılması, bu yöntemler arasında ki temel farkı ortaya koyar. Baarda'nın data snooping testinde a priori varyans faktörü

(σ^2_0) , Pope'nin tau testinde a posteriori varyans faktörü $(\hat{\sigma}^2_0)$ ve t - testinde uyuşumsuz ölçünün dışında kalan ölçülere dayalı a posteriori varyans $(\hat{\sigma}^2_{0i})$ kullanılır.

Baarda'ya göre uygulanan global model testi sonunda eğer sıfır hipotezi reddedilirse, bu durumda genellikle ya ölçülerin yanlış ağırlıklandırıldığı ya da ölçüler kümesinde uyuşumsuz ölçüler olduğu varsayılır. Büyük serbestlik derecelerinde tau ve t - dağılımları normal dağılım ile çakıştıklarından, bu testler benzer sonuçlar verirler. Aynı şekilde büyük serbestlik derecelerinde aynı istatistiksel güven için $(\sigma^2_0) \approx (\hat{\sigma}^2_0) \approx (\hat{\sigma}^2_{0i})$

olursa, her üç test benzer sonuçlar verir. Tau ve t - testleri, küçük serbestlik derecelerinde ($f < 10$) etkisiz kalmaktadır (Kavouras, 1982). Söz konusu yöntemler için test büyüklükleri (normlandırılmış düzeltmeler),

$$\text{Baarda'ya göre (data snooping)} \quad T_{I,B} = v_i / \sigma_0 \sqrt{q_{v_i} v_i} \sim N(0,1) \quad (2.6)$$

$$\text{Pope'ye göre} \quad T_{I,P} = v_i / \hat{\sigma}_0 \sqrt{q_{v_i} v_i} \sim \tau_f \quad (2.7)$$

$$\text{t - testi} \quad T_{I,t} = v_i / \hat{\sigma}_{0i} \sqrt{q_{v_i} v_i} \sim t_{f-1} \quad (2.8)$$

dir (Demirel, 1987). Burada,

$q_{v_i} v_i$: v_i düzeltmesine ilişkin ağırlık katsayısıdır.

Yukarıdaki test büyüklükleri aşağıdaki sınırları aşıyorsa, ilgili ölçü uyuşumsuz olarak değerlendirilir ve duruma göre ölçüler arasından çıkarılır, dengeleme yinelenir.

$$T_{\max,B} > k_{1-\alpha_0} / 2 = \sqrt{F_{1,\infty,1-\alpha_0}} \quad (2.9)$$

$$T_{\max,P} > \tau_{f,1-\alpha_0} / 2 \quad (2.10)$$

$$T_{\max,t} > t_{f-1,1-\alpha_0} / 2 \quad (2.11)$$

burada,

$k_{1-\alpha_0} / 2$: standart normal dağılım çizelgesinden alınan güven sınırı

$\tau_{f,1-\alpha_0} / 2$: dağılım çizelgesinden alınan güven sınırı

$t_{f-1,1-\alpha_0} / 2$: t - dağılım çizelgesinden alınan güven sınırıdır.

Yapılan testler sonunda en az sayıda ölçünün uyumsuz bulunarak dengeleme dışı bırakılması koşulu ile, soncul varyans faktörünün global testine ilişkin (2.2) sıfır hipotezini sağlayan stokastik modelin, sağlamayandan daha üstün olduğu kabul edilir.

2.3 Kriter 3 : Homojenlik Testi

Jeodezik ağırlar için en ideal durum ağıın homojen-izotrop ya da tam izotrop olmasıdır. İdeal homojen bir ağda hata elipsleri ağıın her noktasında eşit büyüklüktedir. Ağıın homojenliği, dengeleme hesabının diğer parametreleri sabit kaldığı sürece stokastik modelin uygunluğuna bağlıdır.

Bu çalışmada, serbest ve bağlı dengeleme sonucunda ağ noktalarına ilişkin olarak hesaplanan hata elipslerinin büyük (a) ve küçük (b) yarı eksen uzunluklarının toplamlarının basit aritmetik ortalaması ve standart sapması, ele alınan stokastik modellerin birbirlerine göre homojenlik bakımından üstünlüklerinin belirlenmesinde ölçüt olarak alınabilir ve uygulanabilir.

Bir yatay kontrol ağıının, herhangi bir stokastik model kullanılarak dengelenmesi sonucunda, u adet noktaya ilişkin hata elipslerinin büyük (a) ve küçük (b) yarı eksen uzunlukları hesaplanmış olsun. Bu ağa ilişkin tam homojenlik koşulu

$$a_i = a_j, i = 1, 2, \dots, u-1 \quad i \neq j$$

$$b_i = b_j, j = 2, 3, \dots, u$$

ya da yukarıdaki eşitliklerin taraf, tarafa toplanması ile

$$a_i + b_i = a_j + b_j \quad (2.12)$$

olur. (2.12) koşulu, stokastik modellerden elde edilen dengeleme sonuçlarının homojenlik açısından karşılaştırılması amacıyla kullanılabilir. Bunun için her bir stokastik modele ait $c_i = a_i + b_i$ ($i=1, 2, \dots, u$) toplamı birer ölçü kümesi olarak düşünülür. Bu ölçü kümelerinin ortalama değerleri ve standart sapmaları hesaplanır;

$$c_0 = \frac{\sum_{i=1}^u c_i}{u}, \quad \sigma^{(0)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^u (c_0 - c_i)^2}{u(u-1)}} \quad (2.13)$$

(2.12) homojenlik koşulunun kesin olarak geçerli olması halinde $c_0 = c_i$ ve $\sigma^{(0)} = 0$ olacağından, (2.13) den hesaplanan $\sigma^{(0)}$ standart sapmaları, stokastik modellerin homojenlik ölçütleridir. Homojenlik testinde, stokastik modellere ait $\sigma^{(0)}$ standart sapmaları ikiye, ikiye karşılaştırılır.

j. ve k. stokastik modellere ait standart sapmalar $\sigma_j^{(0)}$ ve $\sigma_k^{(0)}$ toplam stokastik model sayısı m ise, sıfır hipotezi

$$H_0 \{E(\sigma_j^{(0)2}) - \sigma_k^{(0)2}\} = 0, \quad j=1, \dots, m-1; \quad k=2, \dots, m, \quad j \neq k \quad (2.14)$$

ve test büyüklüğü

$$T_{j,k} = \frac{\sigma_j^{(0)2}}{\sigma_k^{(0)2}}, \quad \sigma_j^{(0)} > \sigma_k^{(0)} \quad (2.15)$$

dır. Test büyüklüğü, Fischer dağılım tablosundan $\sigma_j^{(0)2}$ ve $\sigma_k^{(0)2}$ nin serbestlik dereceleri $f_j = f_k = u - 1$ olmak üzere $1 - \alpha$ istatistiksel güven için alınacak $F_{1-\alpha, f_j, f_k}$ değeri ile karşılaştırılır. Eğer,

$$T_{j,k} \leq F_{1-\alpha, f_j, f_k} \quad (2.16)$$

olursa, sıfır hipotezi geçerlidir. Yani ele alınan iki stokastik modelden hangisinin homojenlik bakımından üstün olduğuna karar verilemez. Eğer,

$$T_{j,k} > F_{1-\alpha, f_j, f_k} \quad (2.17)$$

ise, σ_k değerine sahip stokastik modelin σ_j değerine sahip stokastik modelden üstün olduğu kabul edilir.

Sıfır hipotezinin geçerli olması, yani iki stokastik modelden hangisinin üstün olduğuna karar verilememesi durumunda, ortalama doğruluk testi uygulanarak stokastik modellerin homojenlik kriterine ilişkin üstünlük sıralaması yapılır.

Ortalama doğruluk testi için sıfır hipotezi,

$$H_0 \{E(c_{0,j}) = E(c_{0,k})\} , j = 1, 2, \dots, m-1 \quad (2.18)$$

$$k = 1, 2, \dots, m \quad j \neq k$$

ve test büyüklüğü,

$$t_{j,k} = \frac{c_{0,j} - c_{0,k}}{\sqrt{\sigma_j^{(0)2} + \sigma_k^{(0)2}}} , c_{0,j} > c_{0,k} \quad (2.19)$$

şeklinde ifade edilir.

Test büyüklüğü t dağılım çizelgesinden $f=2(u-1)$ serbestlik derecesi ve $1-\alpha$ istatistiksel güven için alınacak $F_{1-\alpha,f}$ değeri ile karşılaştırılır. Eğer,

$$t_{j,k} \leq F_{1-\alpha,f} \quad (2.20)$$

ise, sıfır hipotezi geçerlidir. Bu durumda iki stokastik modelin birbirlerine üstünlüklerinin olmadığına karar verilir. Eğer,

$$t_{j,k} > F_{1-\alpha,f} \quad (2.21)$$

ise, $c_{0,k}$ ortalama değerine sahip stokastik modelin daha üstün olduğu kabul edilir (bak, (2.19) bağıntısı).

2.4 Kriter 4 : İzotropluk Testi

Yatay kontrol ağlarında izotropluk, noktaların konumlarına ilişkin doğruluk ölçütlerinin doğrultuya bağımlı olmaması özelliğidir. Tam izotrop ağlarda hata elipsleri daire biçimini alır. Bu özelliğin matematiksel gösterimi $a_i = b_i$ ya da

$$a_i - b_i = 0 , i=1,2,\dots,u \quad (2.22)$$

şeklinde dir. (2.22) koşulu, stokastik modellerden elde edilen dengeleme sonuçlarının izotropluk açısından karşılaştırılmasında kullanılabilir. Bunun için, her bir stokastik modele ait

$$e_i = a_i - b_i \quad (i = 1, 2, \dots, u) \quad (2.23)$$

farklarının birer ölçü kümesi olduğu düşünülerek bu ölçü kümelerinin

$$e_0 = \frac{\sum_{i=1}^u e_i}{u} \quad (2.24)$$

ortalama değerleri ve

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^u (e_0 - e_i)^2}{u(u-1)}} \quad (2.25)$$

standart sapmaları hesaplanır. Bu büyüklükler izotropluk karşılaştırması için ölçüt olarak kabul edilir. Karşılaştırma, Bölüm 2.3 de açıklanan benzer şekilde, (2.14) den (2.17) ye ve gerekirse (2.21) e kadar olan eşitlikler kullanılarak yapılır. Ancak yukarıda sözü edilen eşitliklerde $\sigma^{(0)}$ yerine $\bar{\sigma}$ ve c_0 yerine e_0 konulmalıdır.

3. UYGULAMA

Bu çalışmada ölçmelerine 1987 yılında başlanan "İstanbul Metropolitan Nirengi Ağı"nın Anadolu Yakası Kısmı uygulama ağı olarak seçilmiştir. Çalışmada beş ayrı stokastik model ele alınmış, seçilen uygulama ağının dengelenmesinde bu modellerden hangisinin stokastik model olarak kullanılacağına Bölüm 2 de ayrıntıları açıklanan karşılaştırma kriterlerine göre yanıtlar verilmeye çalışılmıştır.

Yukarıda sözü edilen yatay kontrol ağı serbest olarak dengelenmiş ve uygulama sonuçları değerlendirilmiştir.

Seçilen stokastik modeller,

- 1- Yatay kontrol ağlarının dengelenmesinde yaygın olarak kullanılan klasik dengeleme modeli
- 2- Helmert Varyans Bileşen Tahmini ile elde edilen model
- 3- MINQUE (Minimum Norm Quadratic Unbiased Estimation) Varyans Bileşen Tahmini ile elde edilen model
- 4- Varyans bileşenlerinin tahmin edilmesine yönelik olarak Förstner tarafından verilen eşitlik ile elde edilen model
- 5- AUE (Almost Unbiased Estimation) Varyans Bileşen Tahmini ile elde edilen model şeklindedir.

Bu modeller Model 1 dışında, ölçülerin gruplara ayrılmasını ve ağırlıkların iterasyonla belirlenmesini öngörmektedir. Ölçülerin farklı sayıda gruplara ayrılması, Model 1 dışındaki stokastik modellerde alt modellerin oluşması sonucunu doğurmuştur. Söz konusu alt modeller,

Stokastik Model No - Ölçü Grubu Sayısı

şeklinde gösterilmiştir. Örneğin 2 No. lu stokastik model ve 2 adet ölçü grubunun gösterimi Model 2-2 şeklindedir.

76 noktadan oluşan Anadolu Yakası Ağı'nda 448 doğrultu, 208 kenar ölçülmüştür.

Gözlemlerde kullanılan aletlerle hangi doğrultuların ve hangi kenarların hangi ekip-lerle, hangi zamanlarda ölçüldüğüne ilişkin, ölçülerin gruplandırılmasına temel oluştura- racak ayrıntılı bilgi elde edilemediğinden, ölçüler

-doğrultular bir grup, kenarlar bir grup olmak üzere iki gruba

-5 km'lik uzunluk kriterine göre dört gruba ayrılmıştır.

5 km'lik uzunluk kriterine göre gruplandırmada, gruplardaki ölçü sayısı

1.grup 5 km den kısa doğrultular 266

2.grup 5 km den uzun doğrultular 182

3.grup 5 km den kısa kenarlar 123

4.grup 5 km den uzun kenarlar 85

olmaktadır.

Model 1 ile yapılan dengelemede birim ağırlıklı ölçünün öncül standart sapması olarak, istasyon dengelemesi ile bulunan bir istasyon noktasına ait standart sapma de-ğeri ($\sigma_0 = \pm 0.1136^{\text{mgon}}$) seçilmiştir. Tüm hesaplar 16Mb Ram'e sahip Pentium 133 model bilgisayarda yapılmıştır.

3.1 Kriter 1 e Göre Stokastik Modellerin Karşılaştırılması

Model 1 ile yapılan hesaplarda gözlem ağırlıklarının belirlenmesi aşaması 9 dakika sürmüştür. İterasyon gerektiren diğer modellerde bir iterasyon için gereken süre

Model 2 -2 16^m Model 2 -4 32^m

Model 3 -2 ~ 7^h Model 3 -4 ~ 14^h

Model 4 -2 1^h14^m Model 4 -4 2^h14^m

Model 5 -2 3^h22^m Model 5 -4 6^h45^m

olmuş, gözlem ağırlıklarının belirlenmesine (varyans bileşenlerinin tahminine) iliş-kin iterasyon sonuçları Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 de verilmiştir.

Tablo 3.1: Anadolu yakası ağı'nın serbest dengelenmesinde 2 gözlem grubuna göre varyans bileşen tahmini sonuçları

MODEL NO 2-3					MODEL NO 4-5				
İter. No	1.Grup σ^2_1	2. Grup σ^2_2	1. Grup Ağırlığı	2. Grup Ağırlığı	İter. No	1.Grup σ^2_1	2.Grup σ^2_2	1.Grup Ağırlığı	2.Grup Ağırlığı
0			1	1	0			1	1
1	3.9997	5.5864	0.2500	0.1790	1	4.1002	5.3576	0.2439	0.1867
2	0.9762	1.0442	0.2561	0.1714	2	0.9640	1.0632	0.2530	0.1756
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10	1.0000	1.0000	0.2575	0.1696	10	1.0000	1.0000	0.2574	0.1696

Tablo 3.2: Anadolu yakası ağı'nın serbest dengelenmesinde 4 gözlem grubuna göre varyans bileşen tahmini sonuçları

MODEL NO 2-3								
İter. No.	1.Grup σ^2_1	2.Grup σ^2_2	3.Grup σ^2_3	4.Grup σ^2_4	1.Grup Ağırlığı	2.Grup Ağırlığı	3.Grup Ağırlığı	4.Grup Ağırlığı
0					1	1	1	1
1	4.1809	3.7908	4.5206	7.1149	0.2392	0.2638	0.2212	0.1405
2	1.0052	0.9791	1.0505	0.9688	0.2379	0.2694	0.2106	0.1451
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2388	0.2730	0.2050	0.1448

MODEL NO 4-5								
İter. No.	1.Grup σ^2_1	2.Grup σ^2_2	3.Grup σ^2_3	4.Grup σ^2_4	1.Grup Ağırlığı	2.Grup Ağırlığı	3.Grup Ağırlığı	4.Grup Ağırlığı
0					1	1	1	1
1	4.2518	3.9135	4.5490	6.5445	0.2352	0.2555	0.2198	0.1528
2	0.9902	0.9577	1.0287	1.0478	0.2375	0.2668	0.2137	0.1458
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2388	0.2730	0.2050	0.1448

Tüm stokastik modellerde kesin dengeleme hesabı aşaması 14 dakika sürmüştüğündan, toplam hesap süreleri ve buna dayanarak belirlenen, Kriter 1 e göre modellerin üstünlük sıralaması aşağıdaki gibi olmuştur;

- 1° - Mode 1 23^m
- 2° - Model 2 -2 2^h54^m
- 3° - Model 2 -4 5^h34^m
- 4° - Model 4 -2 12^h34^m
- 5° - Model 4 -4 27^h02^m
- 6° - Model 5 -2 33^h54^m
- 7° - Model 3 -2 70^h14^m
- 8° - Model 5 -4 81^h14^m
- 9° - Model 3 -4 140^h14^m

3.2 Kriter 2 ye Göre Stokastik Modellerin Karşılaştırılması

Anadolu Yakası Ağı'nın tüm ölçülerle (448 doğrultu, 208 kenar) serbest dengelenmesinden elde edilen sonuçlara, soncul varyans faktörünün global testi (stokastik model testi) uygulanmış ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır (F dağılım tablosundan alınan karşılaştırma değeri $F_{431, \infty, 0.95} = 1.172$);

Model 1 için $T = \frac{1.848^2}{1.136^2} = 2.646 > 1.172$ sıfır hipotezi geçersiz

Diğer Modeller $T = \frac{1.085^2}{1^2} = 1.177 > 1.172$ sıfır hipotezi geçersiz

Bu sonuç üzerine, uygulanan uyumsuz ölçü testleri Tablo 3.3 deki sonuçları vermiştir.

Tablo 3.3 : Anadolu yakası ağı'nın tüm ölçülerle serbest dengelenmesine ilişkin uyumsuz ölçü testi sonuçları

Uyumsuz Ölçüler Testi		
	Uyumsuz Doğrultular	Uyumsuz Kenarlar
Model 1 Baarda-Data Snooping	22 doğrultu	6 kenar
Model 2-2, 2-4, 3-2, 3-4,	34138-34105	34069-34070
4-2, 4-4, 5-2, 5-4	34138-34098	34106-34117
Pope Tau ve	34098-34138	
Baarda-Data Snooping		

Tablo 3.3 e göre Model 1 dışındaki tüm modeller için aynı olan 5 adet uyumsuz ölçü atılarak yinelenen dengeleme sonuçlarına soncul varyans faktörünün global testi tekrar uygulanmıştır. (F dağılım tablosundan alınan karşılaştırma değeri $F_{426,\infty,0.95}=1.173$);

$$\text{Model 1} \quad T = \frac{1.568^2}{1.136^2} = 2.460 > 1.173 \quad \text{sıfır hipotezi geçersiz}$$

$$\text{Model 2-2, 3-2, 4-2, 5-2} \quad T = \frac{1^2}{1.941^2} = 1.129 < 1.173 \quad \text{sıfır hipotezi geçerli}$$

$$\text{Model 2-4, 3-4, 4-4, 5-4} \quad T = \frac{1^2}{0.946^2} = 1.117 < 1.173 \quad \text{sıfır hipotezi geçerli}$$

Yukarıdaki sonuçlar, Model 1 için çok daha fazla ölçünün atılması gereğini açık olarak göstermektedir. Bu model için uyumsuz çıkan 28 ölçünün (bak, Tablo 3.3) atılması halinde ağır bazı bölümlerinin geometrisi aşırı ölçüde zayıfladığından bu uygulama yapılmamış ve Kriter 2'ye ilişkin üstünlük sıralaması şöyle olmuştur;

1° Model 2-2, 2-4, 3-2, 3-4, 4-2, 4-4, 5-2, 5-4

9° Model 1

3.3 Kriter 3 e Göre Stokastik Modellerin Karşılaştırılması

Bölüm 2.3 uyarınca yapılan homojenlik testine ilişkin sonuçlar ise Tablo 3.4 de özetlenmiştir.

Tablo 3.4: Anadolu yakası ağı'nın serbest dengelenmesinde homojenlik ve ortalama doğruluk testi sonuçları

$$F_{75, 75, 0.95} = 1.4656$$

$$F_{150, 0.95} = 1.6551$$

MODEL	1 $\sigma^{(0)}=0.0939$	2-2, 3-2, 4-2, 5-2 $\sigma^{(0)}=0.0689$	2-4, 3-4, 4-4, 5-4 $\sigma^{(0)}=0.0694$	Homojenlik Bakımından Üstün Model	Ortalama Doğruluk Test Değeri	Ortalama Doğruluğa Göre Üstün Model
1		T=1.8573		2-2, 3-2, 4-2, 5-2		
1			T=1.8307	2-4, 3-4, 4-4, 5-4		
2-2, 3-2, 4-2, 5-2			T=1.0146	Eşdeğer	t=0.0567	Eşdeğer

Model 1 dışındaki tüm modeller kendi aralarında eşdeğer ve Model 1 den üstün olduğundan (bak, Tablo 3.4) Kriter 3 e göre üstünlük sıralaması şöyledir;

- 1° Model 2-2, 2-4, 3-2, 3-4, 4-2, 4-4, 5-2, 5-4
9° Model 1

3.4 Kriter 4 e Göre Stokastik Modellerin Karşılaştırılması

Bölüm 2.4 uyarınca yapılan izotropluk testine ilişkin sonuçlar ise Tablo 3.5 de özetlenmiştir. Tablo 3.5 dikkate alınarak Kriter 4 e göre aşağıdaki üstünlük sıralaması elde edilmiştir;

- 1° Model 2-4, 3-4, 4-4, 5-4
5° Model 2-2, 3-2, 4-2, 5-2
9° Model 1

Tablo 3.5: Anadolu yakası ağı'nın serbest dengelenmesinde izotropluk ve ortalama doğruluk testi sonuçları

$$F_{75, 75, 0.95} = 1.4656$$

$$F_{150, 0.95} = 1.6551$$

MODEL	1 $\sigma^{(0)}=0.0184$	2-2, 3-2, 4-2, 5-2 $\sigma^{(0)}=0.0156$	2-4, 3-4, 4-4, 5-4 $\sigma^{(0)}=0.0148$	İzotropluk Bakımından Üstün Model	Ortalama Doğruluk Test Değeri	Ortalama Doğruluğa Göre Üstün Model
1		T=1.3912		Eşdeğer	t=1.5298	Eşdeğer
1			T=1.5457	2-4, 3-4, 4-4, 5-4		
2-2, 3-2, 4-2, 5-2			T=1.1110	Eşdeğer	t=0.4516	Eşdeğer

3.5 Anadolu Yakası Ağı'nın Serbest Dengelenmesine İlişkin Sonuçların, Tüm Kriterler Dikkate Alınarak Değerlendirilmesi

Aşağıda, tek tek karşılaştırma kriterlerine göre üstünlük sıralamaları özetlenmiş ve bu üstünlük derecelerinin toplamı temel alınarak Anadolu Yakası Ağı'nın serbest dengelenmesine ilişkin genel üstünlük sıralaması verilmiştir;

Model No	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Toplam	Genel Sıralama
1	1	9	9	9	28	9
2-2	2	1	1	5	9	3
2-4	3	1	1	1	6	1
3-2	7	1	1	5	14	8
3-4	9	1	1	1	12	6
4-2	4	1	1	5	11	4
4-4	5	1	1	1	8	2
5-2	6	1	1	5	13	7
5-4	8	1	1	1	11	4

4. SONUÇ

Yatay kontrol ağlarının dengelenmesinde hangi stokastik modelin kullanılacağına sorusu somut karşılaştırma kriterleri tanımlandıktan ve bu kriterlere göre stokastik modeller değerlendirildikten sonra cevaplandırılmalıdır. Yeteri kadar sorgulanmadan seçilen bir stokastik modelle yapılan dengelemeden elde edilen sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği şüphelidir.

KAYNAKLAR

- Ayan, T., 1986. Jeodezik Ağların Analizi. İ.T.Ü Lisanüstü Ders Notları, İstanbul (Basılmamış).
- Chen, Y.O., Chrzanowski, A. and Kavouras, M., 1990. Assessment of Observations Using Minimum Norm Quadratic Unbiased Estimation. CISM Journal ACSGC, 44, 39-46.
- Coşkun, Z., 1996. Karışık Nivelman Ağlarında Stokastik Model Araştırması. Doktora Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demirel, H., 1987a. Nirengi Ağlarının Dengelenmesi ve Sonuçlarının Test Edilmesi. Harita Dergisi, s. 98, Ankara.
- Demirel, H., 1989. Jeodezide İstatistiksel Analiz. Y.T.Ü Lisansüstü Ders Notları, İstanbul, (Basılmamış).
- Kavouras, M., 1982. On the Detection of Outliers and the Determination of Reliability in Geodetic Networks. Department of Surveying Engineering, University of New Brunswick, Canada.
- Kuang, S., 1992. Geodetic Network Optimization. Surveying and Land Information Systems, 52, 169-183.
- Kuang, S., 1996. Geodetic Network Analysis and Optimal Design, Concept and Applications. Ann Arbor Press. Chelsea, Michigan.
- Ou, Z., 1989. Estimation of Variance and Covariance Components. Bull. Geod. 63, 139-148.
- Öztürk, E., 1987. Dengeleme Hesabı, Cilt I, K.T.Ü Matbaası, Trabzon.
- Öztürk, E. ve Şerbetçi, M., 1989. Dengeleme Hesabı, Cilt II, K.T.Ü Matbaası, Trabzon.
- Öztürk, E. ve Şerbetçi, M., 1992. Dengeleme Hesabı, Cilt III, K.T.Ü Matbaası, Trabzon.
- Yavuz, E., 2000. Yatay Kontrol Ağlarında Stokastik Model Araştırması. Doktora Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.