Doğrusal Hipotez Testleri

Prof. Dr. Cüneyt Aydın

YTÜ-Harita Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı

İstanbul, Mart 2020

Doğrusal Hipotez Testi

- **Doğrusal hipotez testi** (linear hypothesis test) jeodezide kullanılan birçok test işleminin en genel halidir.
- Parametre testi, deformasyon analizinde kullanılan testler, uyuşumsuz ölçülerin ve uyuşumsuz noktaların belirlenmesi doğrusal hipotez test çatısı altında toplanabilir.
- Daha önce gördüğümüz istatistik testleri özel durumlar için oluşturulmuş testlerdir.
- Doğrusal hipotez testleriyle farklı test işlemleri, örneğin birçok parametrenin aynı anda test edilmesi, aynı anda iki ölçünün uyuşumsuz olup olmadığının araştırılması vb. testler gerçekleştirilebilir.

Doğrusal Hipotez (Linear Hypothesis)

$$\mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{l} \;;\mathbf{P} = \sigma_0^2\mathbf{C}^{-1}$$

Dengeleme Modeli

$$H_0 : \mathbf{H}\mathbf{x} - \mathbf{w} = \mathbf{0}$$

Doğrusal Hipotez

Bilinen katsayılar matrisi ($h \times u$)

Bilinen kapanma vektörü ($h \times 1$)

Dengeleme modelindeki bilinmeyenler bu koşulu sağlıyor mu?

Doğrusal Hipotez: *Doğrusal fonksiyonların düzeltme dengeleme modelinde düşünülmesi*

- Doğrusal hipotez testi için **Hx**=**w** eşitliği dengeleme modelinde ele alınır. Bu işlem iki şekilde yapılabilir.

✓ Açık yazım (**Explicit**)

✓ Kapalı yazım (**Implicit**)

Doğrusal Hipotez: *Açık yazım*

- **Hx**=**w** denklemi ile **Hx-w=0** koşul denklemleri yazılır.
- Ω=[pvv]$\rightarrow$min koşulu yerine ***Lagrange fonksiyonunu*** minimum yapan çözüm aranır.
- Bu optimizasyon probleminin çözümünden aşağıdaki normal denklemlere ulaşılır:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A}^T\mathbf{PA} & \mathbf{H}^T \\ \mathbf{H} & \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_H \\ \boxed{\mathbf{k}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}^T\mathbf{Pl} \\ \mathbf{w} \end{bmatrix}$$

Lagrange çarpanları (korelat) vektörü (h$\times$1)

Doğrusal Hipotez: *Açık yazım*

- Bir önceki normal denklemlerin çözümüyle elde edilen $\mathbf{x}_H$ hem ilgili koşulu sağlar hem de düzeltmelerin ağırlıklı karelerini toplamını minimum yapar:

$$\boxed{\mathbf{v}_H = \mathbf{A}\mathbf{x}_H - \mathbf{l} \qquad \Omega_H = \mathbf{v}_H^T \mathbf{P} \mathbf{v}_H = [pvv]_H \rightarrow \min}$$

Doğrusal Hipotez: *Kapalı yazım*

- Bazı koşul denklemleri **v=Ax–l** düzeltme denklemlerine doğrudan yazılabilir. Örneğin, birinci bilinmeyen «0» demek, düzeltme denklemlerinde o bilinmeyene ilişkin sütunun silinmesi ve buna göre bir dengeleme yapılması demektir. Bunun için bir önceki şekilde olduğu gibi bir açık yazıma gerek yoktur. Bu şekilde yazım ile aşağıdaki düzeltmeler elde edilir:

$$\boxed{\mathbf{v}_H = \mathbf{A}\mathbf{x}_H - \mathbf{l} \qquad \Omega_H = \mathbf{v}_H^T \mathbf{P} \mathbf{v}_H = [pvv]_H \rightarrow \min}$$

Her koşul denklemi, örneğin serbest ağ dengelemesindeki koşul denklemleri, kapalı biçimde yazılamaz. Bunun için açık yazımı ve ilgili normal denklemleri düşünmek gerekir.

Doğrusal Hipotez Testi

Dengeleme Modeli

$$\mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{l} \; ; \mathbf{P} = \sigma_0^2 \mathbf{C}^{-1}$$

$$\Omega = \mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v}$$

$$H_0 : \mathbf{H}\mathbf{x} - \mathbf{w} = \mathbf{0}$$

Bilinmeyenleri arasında koşul denklemleri bulunan dengeleme modeli

$$\mathbf{v}_H = \mathbf{A}\mathbf{x}_H - \mathbf{l} \; ; \mathbf{P} = \sigma_0^2 \mathbf{C}^{-1}$$

$$\Omega_H = \mathbf{v}_H^T \mathbf{P} \mathbf{v}_H$$

Doğrusal Hipotez Testi

Esas model

$$\Omega = \mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v}$$

Hipotezli model

$$\Omega_H = \mathbf{v}_H^T \mathbf{P} \mathbf{v}_H$$

Serbestlik derecesi

$$f = n - u$$

Serbestlik derecesi

$$f_H = n - u + h$$

Artık hata

$$R = \Omega_H - \Omega$$

Serbestlik derecesi

$$f_H - f = h$$

Doğrusal Hipotez Testi

Sıfır Hipotezi

$$H_0 : \mathbf{Hx} - \mathbf{w} = \mathbf{0}$$

Alternatif Hipotez

$$H_1 : \mathbf{Hx} - \mathbf{w} \neq \mathbf{0}$$

Test büyüklüğü

$$T = \frac{(R/h)}{(\Omega / f)} \sim F(h, f)$$

$$H_0 : \mathbf{Hx} - \mathbf{w} = \mathbf{0} \Leftarrow T < F_{h,f,1-\alpha}$$

Kabul edilir.

$$T > F_{h,f,1-\alpha} \Rightarrow H_1 : \mathbf{Hx} - \mathbf{w} \neq \mathbf{0}$$

Kabul edilir.

Doğrusal Hipotez Testi : *R artık hatası* doğrudan nasıl bulunur?

- *R artık hatasının elde edilmesi için ikinci bir dengeleme yapmaya gerek yoktur.* **x** en küçük kareler dengelemesinden elde edilmiş ise, **Hx**-**w**=**0** için artık hata şöyle belirlenebilir:

$$R=\Omega_H-\Omega=(\mathbf{Hx}-\mathbf{w})^T\left(\mathbf{H}(\mathbf{A}^T\mathbf{PA})^{-1}\mathbf{H}^T\right)^{-1}(\mathbf{Hx}-\mathbf{w})$$

Eğer doğrusal hipotez doğruysa, beklenti R'nin 0'a gitmesidir. Ancak rasgele hatalar nedeniyle bu hatanın 0'a eşit olması beklenemez. Bu beklenti, istatistik olarak test edilir.

Doğrusal Hipotez Testi Uygulamaları : [1] *Tek parametre testi*

Dengeleme Modeli

$$\mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{l} \;;\mathbf{P} = \sigma_0^2 \mathbf{C}^{-1}$$

Çözüm

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} a \\ \mathbf{x}_{diğer} \end{bmatrix}, \mathbf{Q}_{xx} = \begin{bmatrix} Q_{aa} & \mathbf{Q}_{a,diğer} \\ \mathbf{Q}_{diğer,a} & \mathbf{Q}_{diğer,diğer} \end{bmatrix}$$

$$H_0 : a=0 \qquad H_1 : a \neq 0$$

a anlamlı mıdır?

$$\mathbf{H} = [1 \;\mathbf{0}_{1\times u_{diğer}}]$$

T'nin karekökü t-dağılımlı olur. Zaten bu t testine göre parametre testi ile eş bir testtir.

$$R=\Omega_H - \Omega = a^2 / Q_{aa} \qquad T= \frac{a^2}{s_0^2 Q_{aa}} \sim F(h=1, f)$$

$$s_0^2 = \Omega / f$$

Doğrusal Hipotez Testi Uygulamaları : [2] *Birden çok parametrenin testi*

Dengeleme Modeli

$$\mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{l}\ ;\mathbf{P} = \sigma_0^2 \mathbf{C}^{-1}$$

Çözüm

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} a \\ \mathbf{x}_{diğer} \end{bmatrix}, \mathbf{Q}_{xx} = \begin{bmatrix} Q_{aa} & \mathbf{Q}_{a,diğer} \\ \mathbf{Q}_{diğer,a} & \mathbf{Q}_{diğer,diğer} \end{bmatrix}$$

$$H_0 : \mathbf{x}_{diğer} = \mathbf{0} \quad H_1 : \mathbf{x}_{diğer} \neq \mathbf{0}$$

$\mathbf{x}_{diğer}$ *anlamlı mıdır?*

$$\mathbf{H} = [0\ 1\ 1 \cdots 1]$$

$$R = \Omega_H - \Omega = \mathbf{x}_{diğer}^T \mathbf{Q}_{diğer}^{-1} \mathbf{x}_{diğer} \qquad T = \frac{\mathbf{x}_{diğer}^T \mathbf{Q}_{diğer}^{-1} \mathbf{x}_{diğer}}{h s_0^2} \sim F(h = u_{diğer}, f)$$

$$s_0^2 = \Omega / f$$

Doğrusal Hipotez Testi Uygulamaları : [2] *Birden çok parametrenin testi (2.yol)*

Dengeleme Modeli

$$\mathbf{v} = \mathbf{Ax} - \mathbf{l} \; ; \mathbf{P} = \sigma_0^2 \mathbf{C}^{-1}$$

$$\Omega = \mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v}$$

$\mathbf{x}_{diğer}$ *'e ilişkin sütunları* **A***'dan sil.*
yeni bir dengeleme yap

$$\Omega_H = \mathbf{v}_H^T \mathbf{P} \mathbf{v}_H$$

$$R = \Omega_H - \Omega \qquad T = \frac{R}{h s_0^2} \sim F(h = u_{diğer}, f)$$

$$s_0^2 = \Omega / f$$

Doğrusal Hipotez Testi Uygulamaları : [3] *Deformasyon analizi (global test)*

Dengeleme Modeli (1: birinci periyot, 2: ikinci periyot)

$$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{l}_1 \\ \mathbf{l}_2 \end{bmatrix}; \mathbf{P} = diag(\mathbf{P}_1 \ \ \mathbf{P}_2)$$

$$\Omega = \mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v} = \mathbf{v}_1^T \mathbf{P}_1 \mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2^T \mathbf{P}_2 \mathbf{v}_2$$

$$H_0 : \mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1 = \mathbf{0} \qquad H_1 : \mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1 \neq \mathbf{0}$$

Deformasyon Yok

$$\mathbf{H} = [-\mathbf{I} \ \ \mathbf{I}]$$

Deformasyon var

$$R = (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1)^T (\mathbf{Q}_{x_1x_1} + \mathbf{Q}_{x_2x_2})^{-1} (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1) \qquad T = \frac{R}{h s_0^2} \sim F(h = u, f)$$

$$s_0^2 = \Omega / f$$

Doğrusal Hipotez Testi Uygulamaları : [3] *Deformasyon analizi (global test) (2. Yol)*

Dengeleme Modeli (1: birinci periyot, 2: ikinci periyot)

$$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{l}_1 \\ \mathbf{l}_2 \end{bmatrix} ; \mathbf{P} = diag(\mathbf{P}_1 \ \mathbf{P}_2) \longrightarrow \Omega = \mathbf{v}^T\mathbf{P}\mathbf{v} = \mathbf{v}_1^T\mathbf{P}_1\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2^T\mathbf{P}_2\mathbf{v}_2$$

$$H_0 : \mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1 = \mathbf{0}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{v}_2 \end{bmatrix}_H = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_1 \\ \mathbf{A}_2 \end{bmatrix} \mathbf{x}_H ; \mathbf{P} = diag(\mathbf{P}_1 \ \mathbf{P}_2) \longrightarrow \Omega_H = \mathbf{v}_H^T\mathbf{P}\mathbf{v}_H$$

Bu yöntem deformasyon analizinde kapalı hipotez yöntemi olarak adlandırılır

$$R = \Omega_H - \Omega \qquad T = \frac{R}{h s_0^2} \sim F(h = u, f)$$

$$s_0^2 = \Omega / f$$

Doğrusal Hipotez Testi Uygulamaları : [4] *Dengeleme Model Testi*

Dengeleme Modeli (Genişletilmiş model)

$$\mathbf{v}_E = [\mathbf{A} \quad \mathbf{A}_E] \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{x}_E \end{bmatrix} - \mathbf{l}; \ \mathbf{P}$$

$$\Omega_E = \mathbf{v}_E^T \mathbf{P} \mathbf{v}_E$$

$$H_0 : \mathbf{x}_E = \mathbf{0} \qquad H_1 : \mathbf{x}_E \neq \mathbf{0}$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{l} \ ; \mathbf{P}$$

$$\Omega = \mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v}$$

$$R = \Omega - \Omega_E \qquad T = \frac{R}{h s_{0,E}^2} \sim F(h = u_E, f_E)$$

$$s_{0,E}^2 = \Omega_E / f_E$$

Doğrusal Hipotez Testi Uygulamaları : [5] 2B *Afin, Benzerlik hangisi?*

Dengeleme Modeli (Genişletilmiş model)

Afin → $\Omega_A = \mathbf{v}_A^T \mathbf{P} \mathbf{v}_A$

Benzerlik → $\Omega_B = \mathbf{v}_B^T \mathbf{P} \mathbf{v}_B$

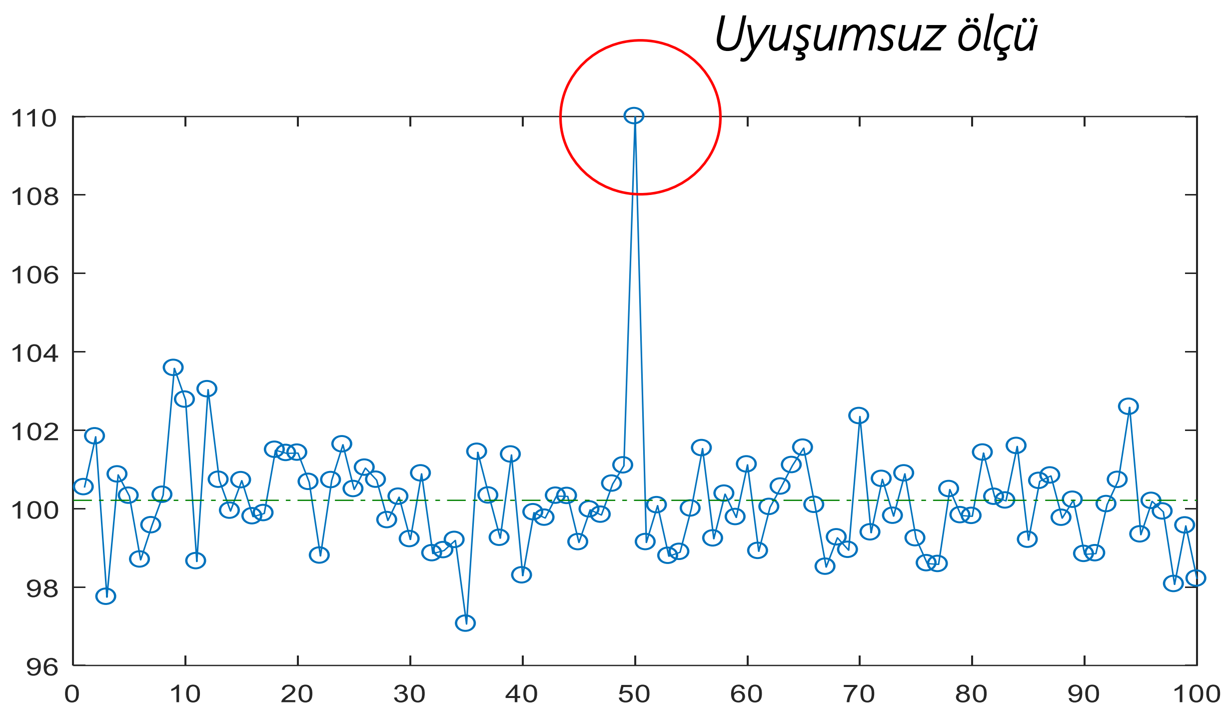
T, ilgili sınır değerden küçükse modeli genişletmeye gerek yoktur. Yani benzerlik dönüşümü uygulanabilir. Tersi durumda Afin geçerlidir

$$R = \Omega_B - \Omega_A \qquad T = \frac{R}{h s_{0,A}^2} \sim F(h=2, f_A)$$

$$s_{0,A}^2 = \Omega_A / f_A$$

Doğrusal Hipotez Testi Uygulamaları : [6] *Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması*

- İstatistikte genliği **3σ** ve daha büyük olan hatalar kaba hata olarak adlandırılır.
- Jeodezik ağlarda önceki slaytlarda verilen iç güvenilirlik ölçütüne eşit veya daha büyük genliğe sahip hatalar kaba hata olarak tanımlanır.
- Kaba hatalı olan ölçülere ***uyuşumsuz ölçü*** denir.
- Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi uyuşumsuz ölçülerin araştırılması olarak adlandırılır.
- **Uyuşumsuz ölçülerin araştırılması için öncelikle SERBEST AĞ DENGELEMESİ yapılır (Zorlamasız, tüm-iz ya da kısmi-iz çözümü. Üç çözümden biri kullanılabilir.)**



Bir büyüklüğün 100 kez gözlenmesi sonucunda elde edilen ölçüler

Doğrusal Hipotez Testi Uygulamaları : [6] *Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması*

- Uyuşumsuz ölçülerin araştırılması için birçok yöntem bulunur.

  Robust yöntemler (M-Estimation, L1 Norm, Lp norm vd.)

  Klasik jeodezik yöntemler (Baarda, Pope, t-testi)

- Burada klasik jeodezik yöntemler açıklanacaktır.

Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması: [1] *Baarda yöntemi*

- İsmini ünlü Hollandalı jeodezici Baarda'dan alan bu yöntemde (***data snooping*** olarak da adlandırılır) öncelikle ***global test*** yapılır.

- Global test:

$\chi^2_{f,1-\alpha}$ *: Ki-kare dağılımının* α *yanılma olasılığına ve f serbestlik derecesine karşılık gelen güven sınır değeridir.*

α*, genellikle %1 ya da %5 seçilir.*

Matlab'de

```
>>chi2inv(1-α,f)
```

ile hesaplanır.

$$T_{global} = \frac{fs_0^2}{\sigma_0^2} = \frac{[pvv]}{\sigma_0^2} \le \chi^2_{f,1-\alpha} \Rightarrow$$ *Ağda uyuşumsuz ölçü yok*

$$T_{global} = \frac{fs_0^2}{\sigma_0^2} = \frac{[pvv]}{\sigma_0^2} > \chi^2_{f,1-\alpha} \Rightarrow$$ ***Ağda uyuşumsuz ölçü var***

Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması: [1] *Baarda yöntemi*

- Global test, uyuşumsuz ölçü var sonucunu vermişse, her bir ölçü için aşağıdaki test büyüklüğü (***Baarda normlandırılmış düzeltmesi***) hesaplanır:

$$\bar{v}_{i,B} = \frac{|v_i|}{\sigma_0 \sqrt{Q_{v_i v_i}}} \qquad (i=1,\ldots,n)$$

Düzeltmenin ağırlık katsayısı (korelasyonsuz ölçüler için):

$$Q_{v_i v_i} = \frac{1}{P_i} - \bar{Q}_{l_i l_i} = \frac{r_i}{P_i}$$

3.29 değeri, standart normal dağılımın %0.1 tek boyutlu testin yanılma olasılığına karşılık gelen güven sınır değeridir.

Matlab'de

```
>>norminv(1-0.001/2)
```

ile hesaplanır.

- Normlandırılmış düzeltmesi **3.29**'dan büyük olan ölçüler tespit edilir. Bunlardan **normlandırılmış düzeltmesi en büyük olan** ölçünün kaba hatalı olduğu sonucuna varılır. İlgili ölçü ya yeniden ölçülür ya da ölçülerden çıkarılarak yeniden bir dengeleme ve uyuşumsuz ölçü araştırması yapılır. Bu işlem uyuşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar sürdürülür. (***bölüm sonundaki akış şemasına bakınız***)

Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması: [2] *Pope yöntemi*

- Pope yönteminde global test yoktur. Her bir ölçü kuşkulu görülür. Her bir ölçü için aşağıdaki test büyüklüğü (***Pope normlandırılmış düzeltmesi***) hesaplanır.

$$\boxed{\bar{v}_{i,P} = \frac{|v_i|}{s_0 \sqrt{Q_{v_i v_i}}} \qquad (i=1,\ldots,n)}$$

Düzeltmenin ağırlık katsayısı (korelasyonsuz ölçüler için):

$$Q_{v_i v_i} = \frac{1}{P_i} - \bar{Q}_{l_i l_i} = \frac{r_i}{P_i}$$

- Normlandırılmış düzeltmesi **tau dağılımının** $\tau_{f,1-\alpha_0}$ **güven sınırından** (hesabı için bir sonraki sayfaya bakınız) büyük olan ölçüler tespit edilir. Bunlardan **normlandırılmış düzeltmesi en büyük olan** ölçünün kaba hatalı olduğu sonucuna varılır. İlgili ölçü ya yeniden ölçülür ya da ölçülerden çıkarılarak yeniden bir dengeleme ve uyuşumsuz ölçü araştırması yapılır. Bu işlem uyuşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar sürdürülür. (***bölüm sonundaki akış şemasına bakınız***)

Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması: [2] *Pope yöntemi/Tau dağılımı sınır değeri*

- Pope yönteminde kullanılan tau dağılımı sınır değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\boxed{\tau_{f,1-\alpha_0} = \sqrt{\frac{f\,F_{1,f,1-\alpha_0}}{f-1+F_{1,f,1-\alpha_0}}}}$$

$F_{1,f,1-\alpha_0}$: F dağılımının $\alpha_0 = \frac{0.05}{n}$ yanılma olasılığı, 1 ve f serbestlik derecelerine karşılık gelen güven sınır değeridir.

Matlab'de

```
>>finv(1-0.05/n,1,f)
```

ile hesaplanır.

Bu değerin hesaplanması için Matlab file Exchange web sayfasından `taucv.m` *fonksiyonu da kullanılabilir.*

Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması: [3] *t-testi yöntemi*

- t-testi yönteminde global test yoktur; Pope yöntemine benzer. Her bir ölçü kuşkulu görülür. Her bir ölçü için aşağıdaki test büyüklüğü (***t-testi normlandırılmış düzeltmesi***) hesaplanır.

i. ölçü dengelemeden çıkarıldıktan sonra elde edilen birim ağırlıklı ölçünün standart varyansı

$$s_{0,i}^2 = \left([pvv] - \frac{v_i^2}{Q_{v_i v_i}}\right) / (f-1)$$

$$\overline{v}_{i,t} = \frac{|v_i|}{s_{0,i}\sqrt{Q_{v_i v_i}}} \quad (i=1,\ldots,n)$$

Düzeltmenin ağırlık katsayısı (korelasyonsuz ölçüler için):

$$Q_{v_i v_i} = \frac{1}{P_i} - \overline{Q}_{l_i l_i} = \frac{r_i}{P_i}$$

- Normlandırılmış düzeltmesi **t-dağılımının** $t_{f-1,1-\alpha_0/2}$ **güven sınırından** (hesabı için bir sonraki sayfaya bakınız) büyük olan ölçüler tespit edilir. Bunlardan **normlandırılmış düzeltmesi en büyük olan** ölçünün kaba hatalı olduğu sonucuna varılır. İlgili ölçü ya yeniden ölçülür ya da ölçülerden çıkarılarak yeniden bir dengeleme ve uyuşumsuz ölçü araştırması yapılır. Bu işlem uyuşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar sürdürülür. (***bölüm sonundaki akış şemasına bakınız***)

Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması: [3] *t-testi yöntemi/sınır değer*

$t_{f-1,1-\alpha_0/2}$: *t dağılımının* $\alpha_0 = \frac{0.05}{n}$ *yanılma olasılığı ve f serbestlik derecelerine karşılık gelen güven sınır değeridir.*

Matlab'de

```
>>tinv(1-0.05/(2*n),f)
```

ile hesaplanır.

Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması: *Test Yöntemleri Özet*

YÖNTEM	Normlandırılmış Düzeltme	Güven sınırı (karşılaştırma değeri)
BAARDA	$\overline{v}_{i,B} = \dfrac{\lvert v_i \rvert}{\sigma_0 \sqrt{Q_{v_i v_i}}} \quad (i=1,\ldots,n)$	3.29
POPE	$\overline{v}_{i,P} = \dfrac{\lvert v_i \rvert}{s_0 \sqrt{Q_{v_i v_i}}} \quad (i=1,\ldots,n)$	$\tau_{f,1-\alpha_0}$
t-testi	$\overline{v}_{i,t} = \dfrac{\lvert v_i \rvert}{s_{0,i} \sqrt{Q_{v_i v_i}}} \quad (i=1,\ldots,n)$	$t_{f-1,1-\alpha_0/2}$

Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması: *Akış Şeması*

Serbest Ağ Dengelemesi

Her bir ölçü için
Normlandırılmış Düzeltme (ND)

Güven Sınırı

ND'si güven sınırından büyük olanları tespit et

ND'si en büyük olan uyuşumsuz ölçüdür.

Uyuşumsuz ölçüyü çıkar

Büyük olan yok
(Uyuşumsuz ölçü yok)

Nihai Dengeleme (nihai datum)

Nihai: İşi sona erdiren, işi kesen, son, sonuncu (tdk Türkçe sözlük)

Bir sonraki ders?

- Koordinat dönüşümleri: 2B benzerlik, Afin, 3B Bursa Wolf dönüşümleri
- Bu dönüşümlerin en küçük kareler yöntemi ile çözümü (kondisyon hatalarının giderilmesi); ağırlık matrisinin göz önüne alınması
- Dönüşümlerde uyuşumsuz koordinatların ve uyuşumsuz noktaların araştırılması. Bu testler için doğrusal hipotez testinin uyarlanması.
- Bağlantı noktalarının test edilmesi, dönüşümlerle referans noktalarının test edilmesi.

Ders duyuruları, soru ve görüşleriniz için:

Prof. Dr. Cüneyt AYDIN

https://avesis.yildiz.edu.tr/caydin

caydin@yildiz.edu.tr; caydin78@gmail.com