

TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU (TUJK) 2004
YILI BİLİMSEL TOPLANTISI

MÜHENDİSLİK ÖLÇMELERİNDE
JEODEZİK AĞLAR ÇALIŞTAYI

JEODEZİK GPS AĞLARININ TASARIMINDA
BİLGİSAYAR DESTEKLİ SİMÜLASYON YÖNTEMİNİN
KULLANIMI

Mualla YALÇINKAYA & Kamil TEKE

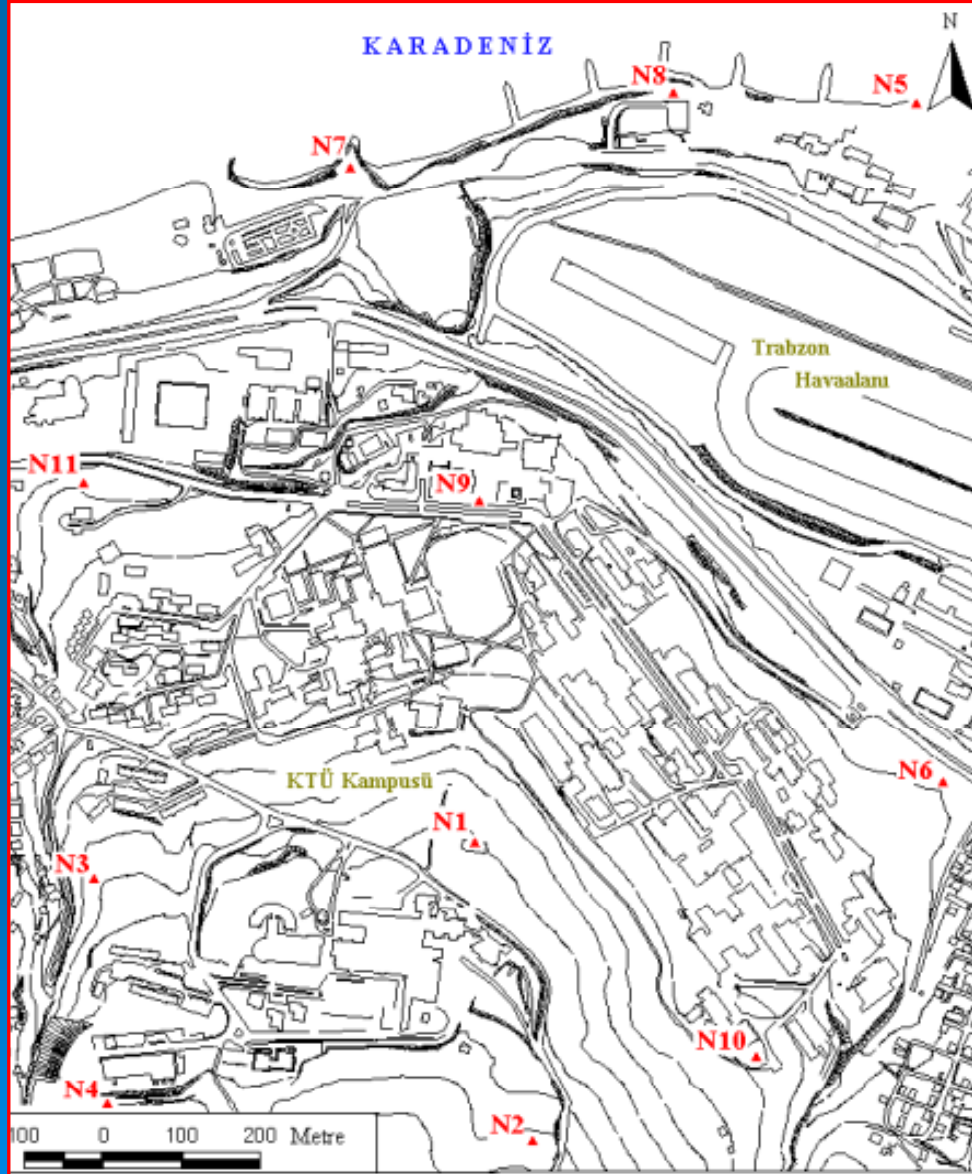
ÇALIŞMANIN AMACI

Çalışmada, GPS ağlarının duyarlık ve güven amaç fonksiyonları ile ölçü planı optimizasyonunun, oturumların planlanması esas alınarak simülasyon yöntemi ile yapılması amaçlanmıştır.

YAPILAN ÇALIŞMALAR

- ⇒ GPS Baz Vektörleri Bileşenlerinin Hesabı
- ⇒ Duyarlık Amaç Fonksiyonları ile Ölçü Planı Optimizasyonu
- ⇒ Güven Amaç Fonksiyonları ile Ölçü Planı Optimizasyonu
- ⇒ Duyarlık ve Güven Amaç Fonksiyonlarının Birlikte Ele Alındığı Ölçü Planı Optimizasyonu

Uygulama Ađı



- Nokta Sayısı : 11
- Ortalama Boyutları : 1 x 1.5 km.

DUTM PROJEKSİYON KOORDİNATLARI

NN.	Sađa (m)	Yukarı (m)
N1	4540356.80	564887.70
N2	4539975.60	564959.00
N3	4540331.20	564400.70
N4	4539970.60	564450.70
N5	4541260.20	565500.60
N6	4540417.70	565480.90
N7	4541223.20	564736.20
N8	4541285.40	565126.30
N9	4540774.10	564895.30
N10	4540077.10	565244.50
N11	4540791.90	564387.90

GPS Baz Vektörleri Bileşenlerinin Hesabı

1950 Avrupa Datumu (ED 50)

(x, y) → (B, L)

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}, \quad c = \frac{a^2}{b}$$

$$A' = c \left(1 - \frac{3}{4}e'^2 + \frac{45}{64}e'^4 - \frac{175}{256}e'^6 + \frac{11025}{16384}e'^8 \right)$$

$$B'' = \frac{3}{8}e'^2 - \frac{3}{16}e'^4 + \frac{213}{2048}e'^6 - \frac{255}{4096}e'^8$$

$$C'' = \frac{21}{256}e'^4 - \frac{21}{256}e'^6 + \frac{533}{8192}e'^8$$

$$D'' = \frac{151}{6144}e'^6 - \frac{453}{12288}e'^8$$

$$\sigma = \frac{x}{A'}$$

$$B_f = \sigma + B'' \sin 2\sigma + C'' \sin 4\sigma + D'' \sin 6\sigma + \dots$$

$$t_f = \tan B_f, \quad \eta_f^2 = e'^2 \cos^2 B_f, \quad V_f = \sqrt{1 + \eta_f^2}, \quad \rho_f = \frac{c}{V_f}$$

$$B_1 = \frac{1}{\rho_f \cos B_f}$$

$$B_2 = \frac{t_f (-1 - \eta_f^2)}{2\rho_f^2}$$

$$B_3 = \frac{(-1 - 2t_f^2 - \eta_f^2)}{6\rho_f^3 \cos B_f}$$

$$B_4 = \frac{t_f (5 + 3t_f^2 + 6\eta_f^2 - 6t_f^2 \eta_f^2)}{24\rho_f^4}$$

$$B_5 = \frac{(5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8t_f^2 \eta_f^2)}{120\rho_f^5 \cos B_f}$$

$$B = B_f + B_2 y^2 + B_4 y^4$$

$$L = L_0 + B_1 y + B_3 y^3 + B_5 y^5$$

ED-50 COĞRAFI KOORDİNATLARI
(ELİPSOİD; HAYFORD)

NN.	B	L
N1	40° 59' 41'' .1315884	39° 46' 16'' .0747511
N2	40° 59' 28'' .7563162	39° 46' 18'' .9828795
N3	40° 59' 40'' .4409464	39° 45' 55'' .2332344
N4	40° 59' 28'' .7390282	39° 45' 57'' .2367824
N5	41° 00' 10'' .2363757	39° 46' 42'' .6375759
N6	40° 59' 42'' .9343265	39° 46' 41'' .4732267
N7	41° 00' 09'' .2565078	39° 46' 09'' .9187762
N8	41° 00' 11'' .1625093	39° 46' 26'' .6361467
N9	40° 59' 54'' .6568257	39° 46' 16'' .5599214
N10	40° 59' 31'' .9637263	39° 46' 31'' .2313205
N11	40° 59' 55'' .3766670	39° 45' 54'' .8597487

1950 Avrupa Datumu (ED-50)

(B, L, h) \rightarrow (X, Y, Z)

$$h = H + N$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

$$\rho = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}$$

$$\begin{aligned} X_{ED50} &= (\rho + h) \cos B \cos L \\ Y_{ED50} &= (\rho + h) \cos B \sin L \\ Z_{ED50} &= \left(\frac{b^2}{a^2} \rho + h \right) \sin B \end{aligned}$$

ED-50 KARTEZYEN KOORDİNATLARI (ELİPSOİD: HAYFORD)

NN.	X (m)	Y (m)	Z (m)
N1	3705670.724	3084286.627	4162138.116
N2	3705835.113	3084511.895	4161867.362
N3	3705978.805	3083909.231	4162105.880
N4	3706164.777	3084124.916	4161871.732
N5	3704751.660	3084329.371	4162737.550
N6	3705217.745	3084681.990	4162129.055
N7	3705253.737	3083752.377	4162712.053
N8	3704976.235	3084029.732	4162758.794
N9	3705417.928	3084090.975	4162413.276
N10	3705563.291	3084658.154	4161898.213
N11	3705722.310	3083684.434	4162420.014

ED 50**WGS 84****(X, Y, Z)****(X, Y, Z)**

X eksenini etrafındaki dönüklük (ϵ_x)	814.5811 m.
Y eksenini etrafındaki dönüklük (ϵ_y)	-493.8607 m.
Z eksenini etrafındaki dönüklük (ϵ_z)	-484.2067 m.
X eksenini yönündeki öteleme (t_x)	6".3763
Y eksenini yönündeki öteleme (t_y)	28".6308
Z eksenini yönündeki öteleme (t_z)	-17".9857
Ölçek Faktörü (k)	1.000012301

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{WGS84} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} + k \begin{bmatrix} 1 & \epsilon_z & -\epsilon_y \\ -\epsilon_z & 1 & \epsilon_x \\ \epsilon_y & -\epsilon_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ED50}$$

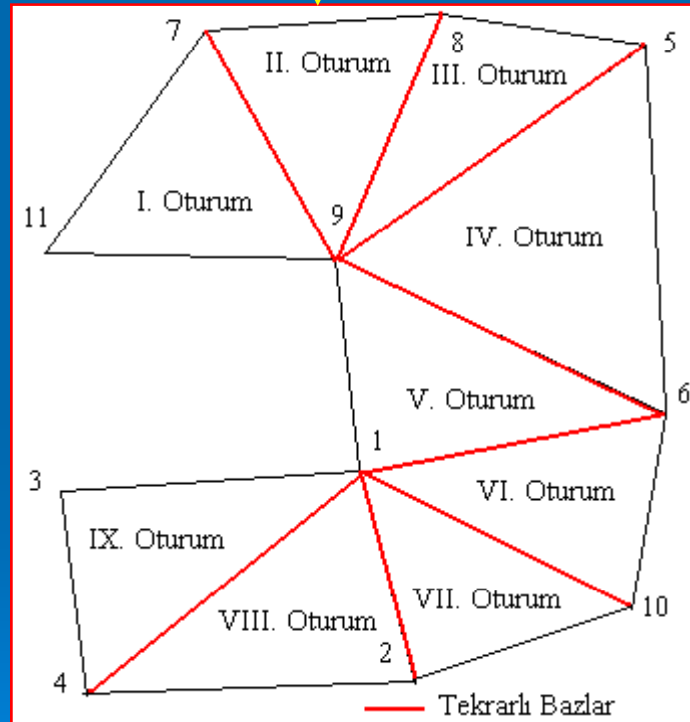
WGS-84 KARTEZYEN KOORDİNATLARI

NN	X (m)	Y (m)	Z (m)
N1	3705593.062	3084206.610	4162021.731
N2	3705757.467	3084431.882	4161750.996
N3	3705901.177	3083829.246	4161989.550
N4	3706087.160	3084044.936	4161755.424
N5	3704673.922	3084249.292	4162621.029
N6	3705140.056	3084601.929	4162012.596
N7	3705176.047	3083672.348	4162595.620
N8	3704898.518	3083949.677	4162642.313
N9	3705340.249	3084010.947	4162296.859
N10	3705485.632	3084578.116	4161781.804
N11	3705644.661	3083604.438	4162303.652

İlk Ölçü Planının Tasarımı

$$s = (n - m) / (r - m)$$

$$t = (s - 1)(m - 1)$$



Duyarlık ve Güven Amaç Fonksiyonları

Ağın duyarlık optimizasyonunda seçilen amaç fonksiyonları

$$Z = iz(Q_{xx}) \dots \dots \dots (A - \text{Optimal Ağ Amaç Fonksiyonu})$$

$$Z = \lambda_{MAX} \dots \dots \dots (E - \text{Optimal Ağ Amaç Fonksiyonu})$$

Ağın güven optimizasyonunda seçilen amaç fonksiyonları

$$Z = r_j \longrightarrow \text{Redundanz Değerleri}$$

$$Z = \delta_{0j}^2 \longrightarrow \text{Dış Güven Ölçütleri}$$

$$Z = |\Delta_{0j}| \longrightarrow \text{İç Güven Ölçütleri}$$

Tasarım Parametresi ve Çözüm Algoritması

Ağın optimizasyonunda seçilen tasarım parametresi,

- I. Derece Optimizasyon (Ölçü Planı Optimizasyonu)

çözüm algoritması

- Simülasyon Yöntemlerinden Tekrarlı En Küçük Kareler Yöntemi

Duyarlık Amaç Fonksiyonları ile Ölçü Planı Optimizasyonu

Minimum ölçü planından maksimuma A- ve E-optimal ağ tasarımı

İlk ölçü planından hesaplanan amaç fonksiyonlarının değerleri

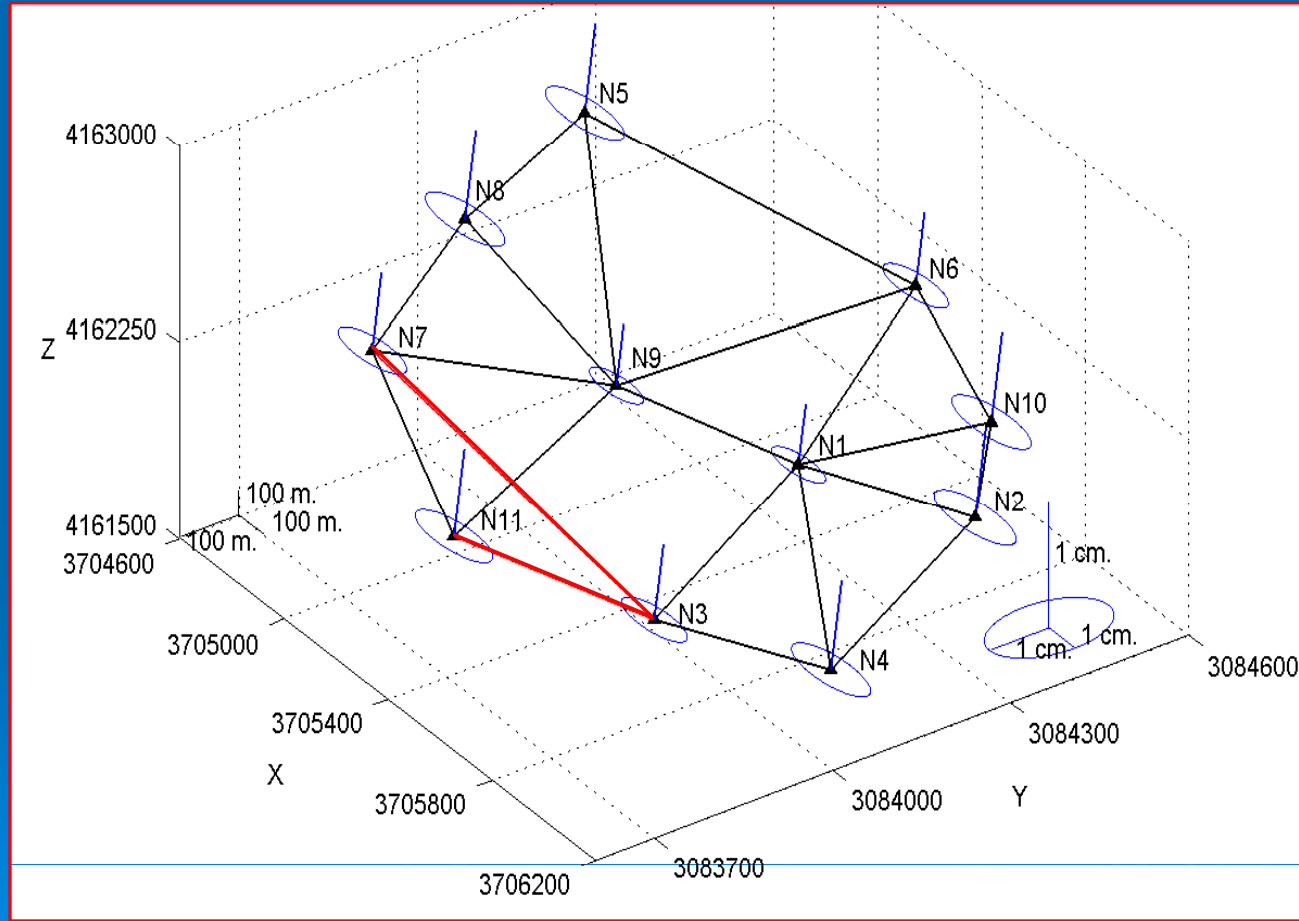
A-Optimal ağ amaç fonk.		E-Optimal ağ amaç fonk.	
$\sum_{i=1}^{33} \lambda_i = iz(Q_{xx})$	1.524	λ_{\max}	0.613

İlk ölçü planından hesaplanan Helmert nokta konum hataları ve nokta hata elipsoidi yarı eksenleri

Nokta no	Helmert nokta kon. hat. (cm)	Hata elipsoidi yarı eksenleri		
		A _H (cm)	B _H (cm)	C _H (cm)
1	0.263	0.310	0.111	0.149
2	0.385	0.454	0.162	0.218
3	0.461	0.544	0.194	0.261
4	0.402	0.474	0.169	0.227
5	0.360	0.425	0.152	0.204
6	0.290	0.342	0.122	0.164
7	0.402	0.474	0.169	0.227
8	0.385	0.454	0.162	0.218
9	0.263	0.310	0.111	0.149
10	0.360	0.425	0.152	0.204
11	0.461	0.544	0.194	0.261

Minimum ölçü planından maksimuma A- ve E-optimal ağ tasarımı

İkinci ölçü planıyla oluşturulan ağ



Minimum ölçü planından maksimuma A- ve E-optimal ağ tasarımı

İkinci ölçü planından hesaplanan amaç fonksiyonlarının değerleri

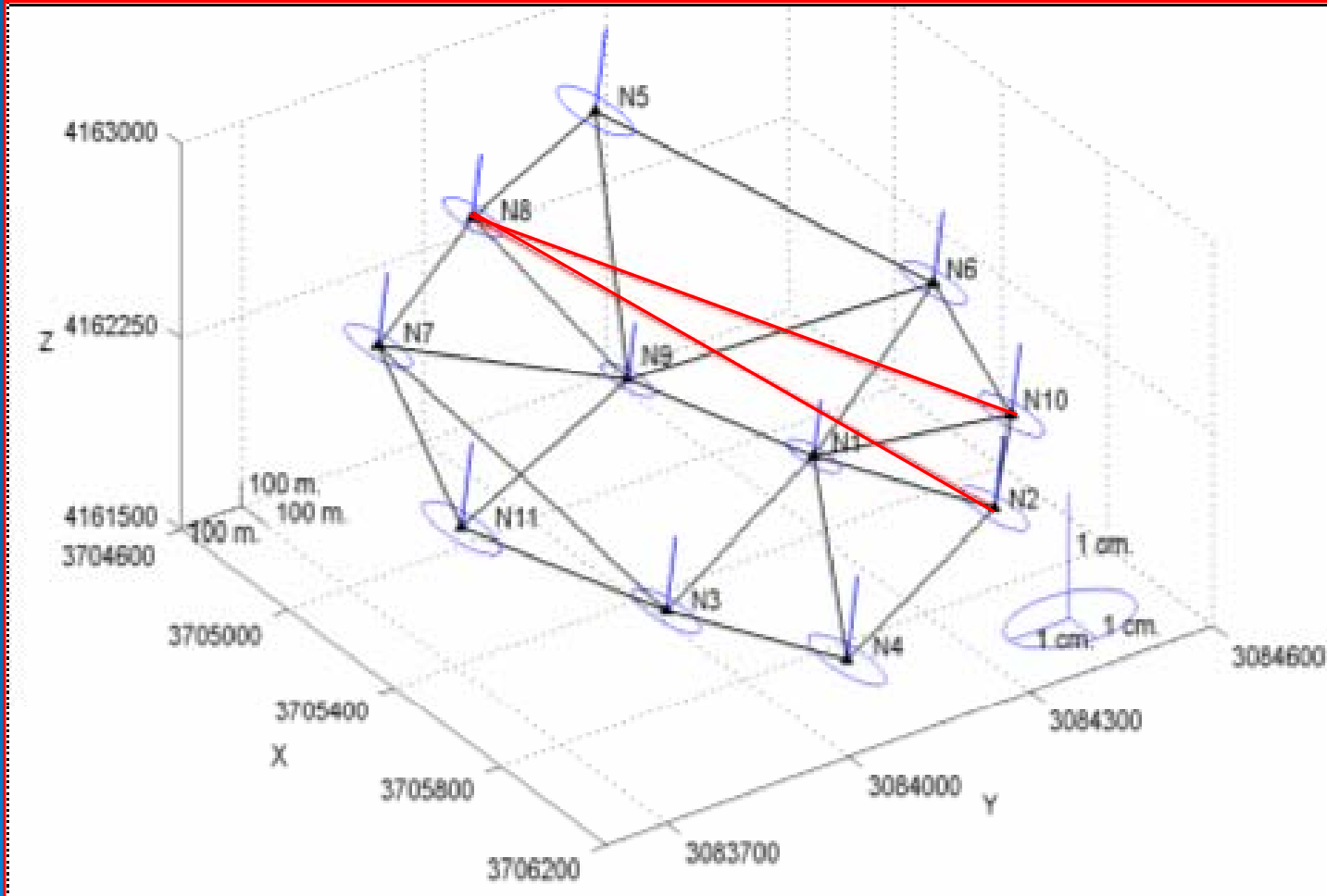
A-Optimal ağ amaç fonk.		E-Optimal ağ amaç fonk.	
$\sum_{i=1}^{33} \lambda_i = iz(Q_{xx})$	1.120	λ_{\max}	0.317

İkinci ölçü planından hesaplanan Helmert nokta konum hataları ve nokta hata elipsoidi yarı eksenleri

Nokta no	Helmert nokta kon. hat. (cm)	Hata elipsoidi yarı eksenleri		
		A _H (cm)	B _H (cm)	C _H (cm)
1	0.239	0.282	0.101	0.135
2	0.363	0.428	0.153	0.205
3	0.293	0.345	0.123	0.166
4	0.350	0.413	0.148	0.198
5	0.349	0.412	0.147	0.198
6	0.290	0.342	0.122	0.164
7	0.305	0.359	0.128	0.172
8	0.354	0.417	0.149	0.200
9	0.239	0.282	0.101	0.135
10	0.351	0.415	0.148	0.199
11	0.344	0.406	0.145	0.195

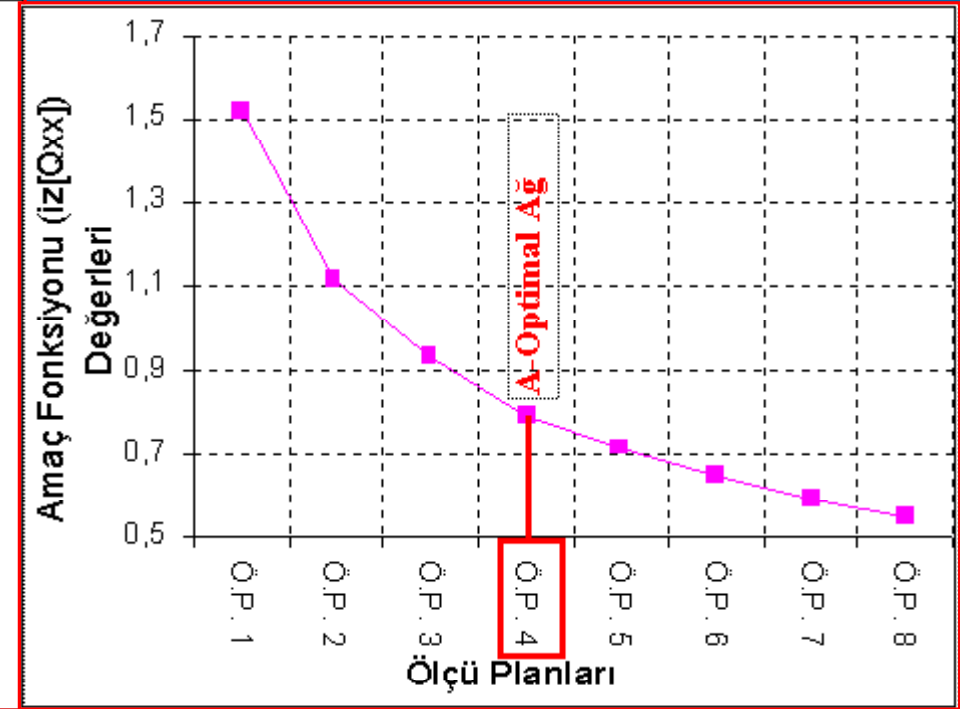
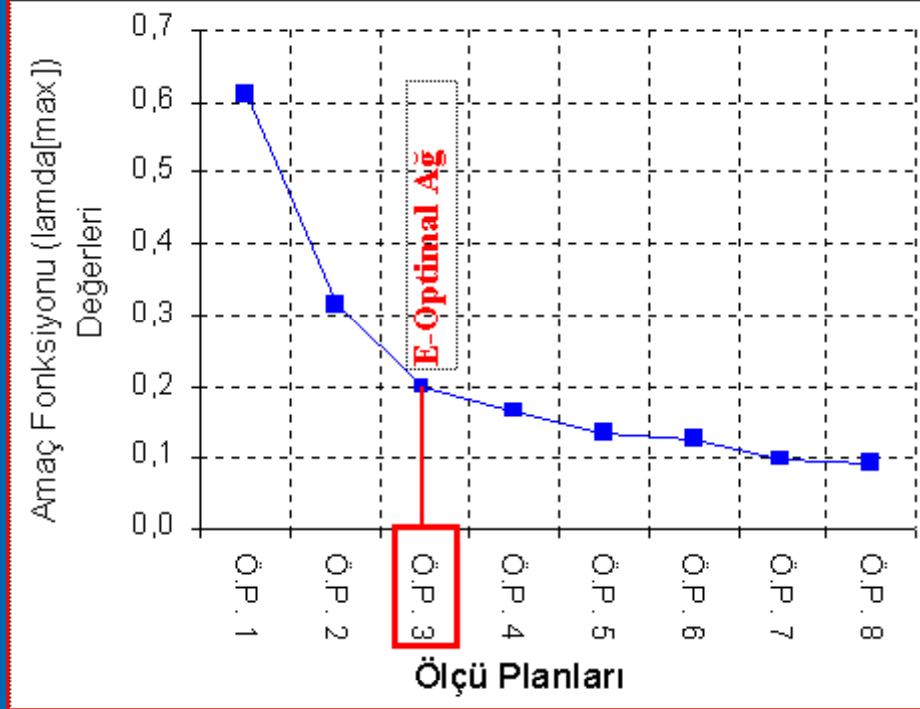
Minimum ölçü planından maksimuma A- ve E-optimal ağ tasarımı

Üçüncü ölçü planıyla oluşturulan ağ



Minimum ölçü planından maksimuma A- ve E-optimal ağ tasarımı

A- ve E-optimal ağların planlanmasında eklenen bazların amaç fonksiyonları değerlerine etkileri



$$A_{H_{\max(j)}} = \sigma_0 \sqrt{\lambda_{\max(j)}} \leq 0.5 \text{ cm}$$

$$\lambda_{\max(j)} \leq 0.25 \quad \longrightarrow \quad \text{Sınır Değer (E-opt.)}$$

$$\lambda_{\max(2)} = 0.32 \quad ; \quad \lambda_{\max(3)} = 0.20$$

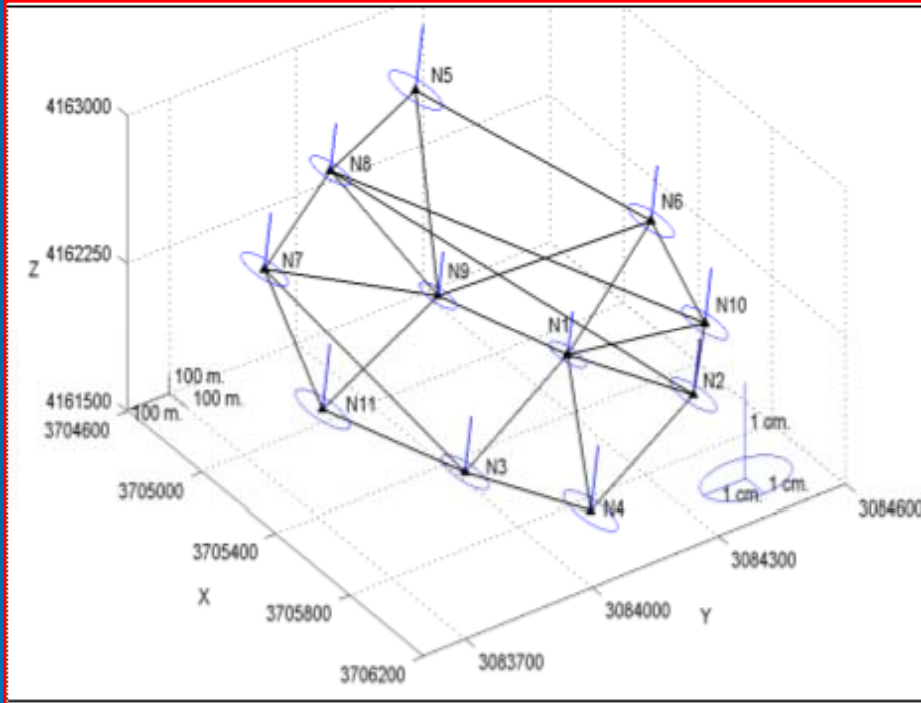
$$(iz(Q_{xx}))_j = \left(\sum_{i=1}^{3p} \lambda_i \right)_j$$

$$\left(\sum_{i=1}^{3p} \lambda_i \right)_j \leq 0.8 \quad \longrightarrow \quad \text{Sınır Değer (A-opt.)}$$

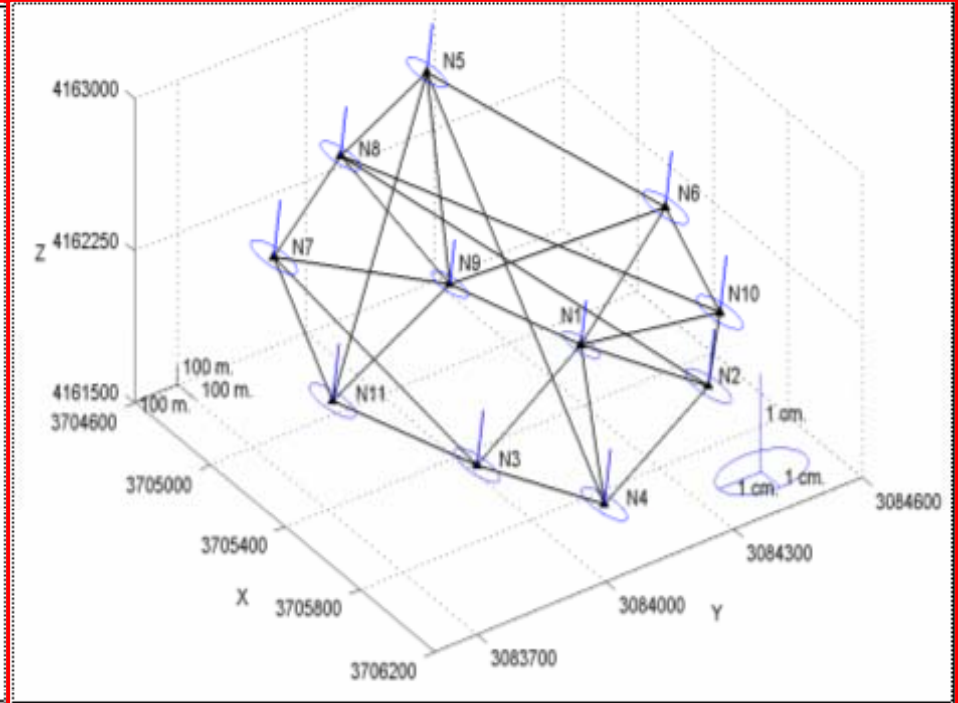
$$\left(\sum_{i=1}^{3p} \lambda_i \right)_3 = 0.93 \quad ; \quad \left(\sum_{i=1}^{3p} \lambda_i \right)_4 = 0.79$$

Minimum ölçü planından maksimuma A- ve E-optimal ağ tasarımı

Minimum ölçü planından maksimuma giderken karar verilen E- ve A-optimal ağlar



E-Optimal Ağ



A-Optimal Ağ

Ağın üç alıcı ile ölçülmesi durumunda
A- ve E-optimal ağların ölçü düzeni şeması

A-Optimal Ağ Ölçü Düzeni		E-Optimal Ağ Ölçü Düzeni	
Oturum	İstasyonlar	Oturum	İstasyonlar
1	3-4-1	1	3-4-1
2	2-4-1	2	2-4-1
3	2-10-1	3	2-10-1
4	6-10-1	4	6-10-1
5	6-9-1	5	6-9-1
6	6-9-5	6	6-9-5
7	8-9-5	7	8-9-5
8	8-9-7	8	8-9-7
9	11-9-7	9	11-9-7
10	11-3-7	10	11-3-7
11	2-10-8	11	11-4-5
		12	10-2-8

Güven Amaç Fonksiyonları ile Ölçü Planı Optimizasyonu

$$Z = r_i > 0.5$$

$$Z = \Delta_{0j} \cong 6m_j$$

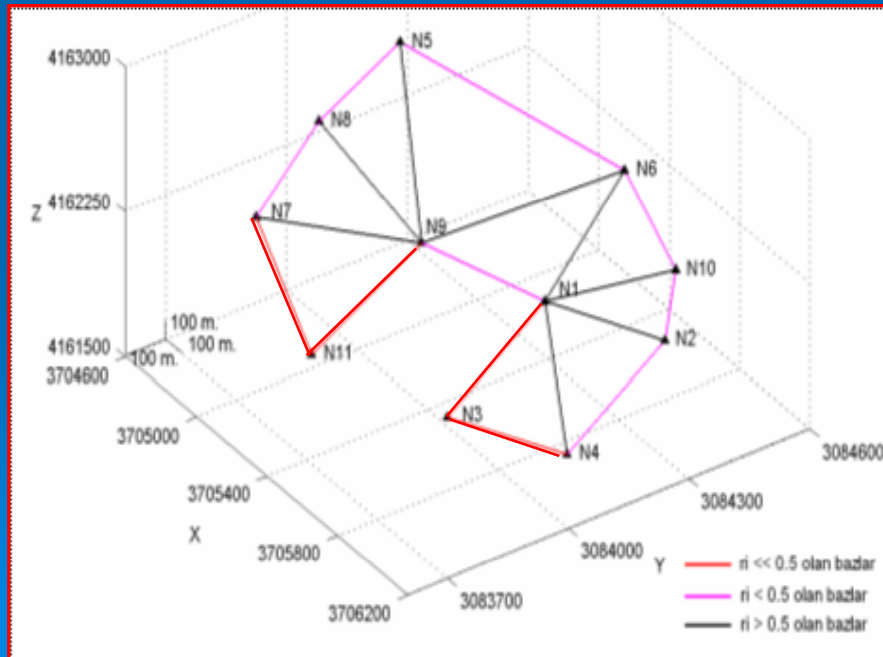
$$Z = \delta_{0j} \cong 6$$



Güvenirlik Amaç Fonksiyonları
ve Sınır Değerleri

Ağın güven ölçütü değerleri

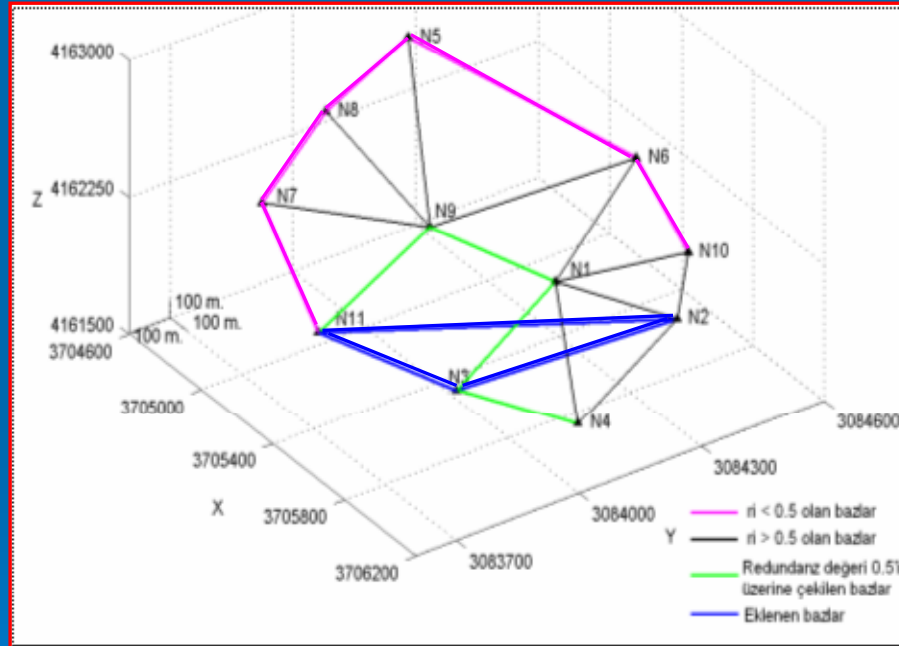
Ağın güven optimizasyonunda
ilk ölçü planı ile oluşturulan ağ



Bazlar	Ağın güven ölçütleri ve sınır değerleri			
	Redundanz payı $r_{(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j}$ (Sınır değer=0.5)	İç güven ölçütü $ \Delta_{0(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j} $	Sınır Değer (6m _i)	Dış güven ölçütü $\delta_{0(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j}$ (Sınır değer=6)
N1-N2	0,55	1,21	1,34	3,62
N1-N4	0,53	1,26	1,37	3,78
N1-N3	0,38	1,70	1,57	5,09
N1-N6	0,55	1,20	1,34	3,60
N1-N10	0,55	1,20	1,34	3,60
N2-N10	0,45	1,49	1,49	4,46
N2-N4	0,44	1,51	1,50	4,53
N3-N4	0,38	1,70	1,57	5,09
N5-N6	0,45	1,48	1,49	4,45
N6-N10	0,45	1,48	1,49	4,45
N7-N9	0,53	1,26	1,37	3,78
N7-N8	0,44	1,51	1,50	4,53
N8-N9	0,55	1,21	1,34	3,62
N8-N5	0,45	1,49	1,49	4,46
N9-N5	0,55	1,20	1,34	3,60
N9-N6	0,55	1,20	1,34	3,60
N9-N1	0,45	1,48	1,49	4,45
N11-N7	0,38	1,70	1,57	5,09
N11-N9	0,38	1,70	1,57	5,09

Ağın güven ölçütü değerleri

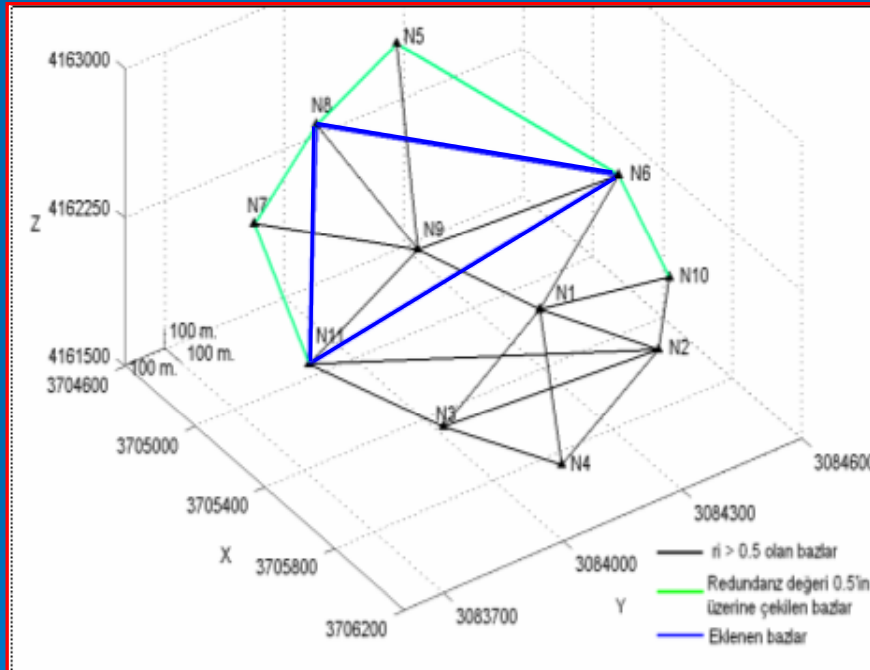
Ağın güven optimizasyonunda ikinci ölçü planı ile oluşturulan ağ



Bazlar	Ağın güven ölçütleri ve sınır değerleri			
	Redundanz payı $r_{(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j}$ (Sınır değer=0.5)	İç güven ölçütü $ \Delta_{0(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j} $	Sınır Değer (6mm)	Dış güven ölçütü $\delta_{0(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j}$ (Sınır değer=6)
N1-N2	0,67	0,94	1,15	2,83
N1-N4	0,55	1,21	1,34	3,63
N1-N3	0,61	1,07	1,25	3,20
N1-N6	0,58	1,12	1,29	3,37
N1-N10	0,56	1,17	1,32	3,51
N2-N3	0,62	1,04	1,23	3,13
N2-N10	0,51	1,31	1,40	3,92
N2-N11	0,55	1,21	1,34	3,62
N2-N4	0,55	1,20	1,34	3,61
N3-N4	0,53	1,25	1,37	3,75
N3-N11	0,52	1,27	1,38	3,82
N5-N6	0,47	1,42	1,46	4,26
N6-N10	0,48	1,38	1,44	4,14
N7-N9	0,55	1,20	1,34	3,60
N7-N8	0,45	1,46	1,48	4,39
N8-N9	0,55	1,21	1,34	3,62
N8-N5	0,45	1,46	1,48	4,39
N9-N5	0,56	1,19	1,33	3,58
N9-N6	0,59	1,10	1,27	3,31
N9-N1	0,59	1,12	1,28	3,35
N11-N7	0,46	1,44	1,47	4,32
N11-N9	0,58	1,14	1,30	3,43

Ağın güven ölçütü değerleri

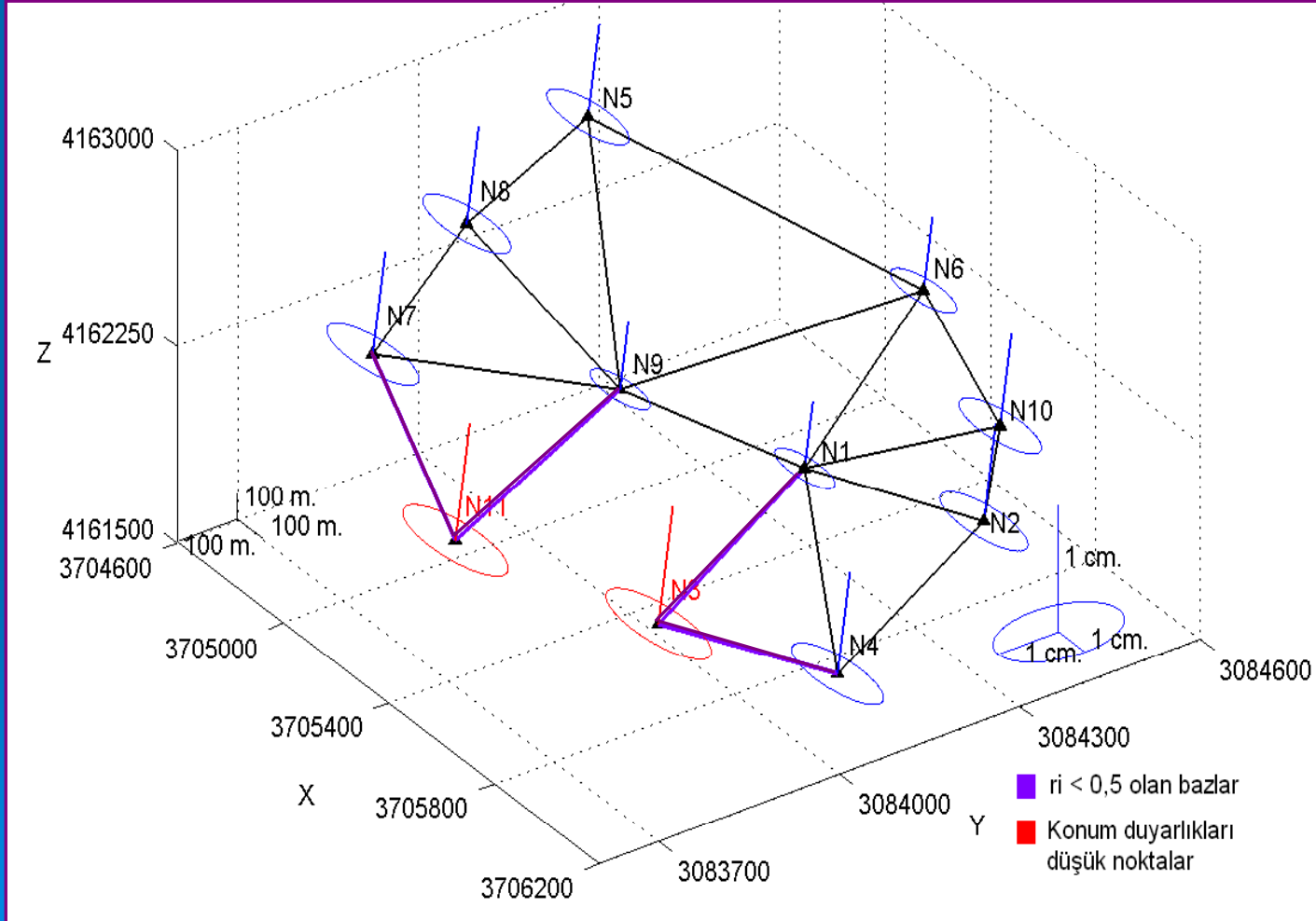
Ağın güven optimizasyonunda üçüncü ölçü planı ile oluşturulan ağ



Bazlar	Ağın güven ölçütleri ve sınır değerleri			
	Redundanz payı $r_i(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j$ (Sınır değer=0.5)	İç güven ölçütü $ \Delta_{00}(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j $	Sınır Değer (6m _{ij})	Dış güven ölçütü $\delta_{00}(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j$ (Sınır değer=6)
N1-N2	0,68	0,92	1,14	2,77
N1-N4	0,55	1,20	1,34	3,60
N1-N3	0,62	1,03	1,23	3,10
N1-N6	0,65	0,99	1,19	2,96
N1-N10	0,57	1,16	1,31	3,49
N2-N3	0,62	1,04	1,23	3,12
N2-N10	0,53	1,26	1,37	3,77
N2-N11	0,60	1,09	1,27	3,28
N2-N4	0,55	1,20	1,34	3,60
N3-N4	0,54	1,24	1,36	3,73
N3-N11	0,56	1,18	1,33	3,54
N5-N6	0,56	1,19	1,33	3,56
N6-N8	0,66	0,96	1,17	2,89
N6-N10	0,52	1,28	1,39	3,84
N6-N11	0,68	0,92	1,14	2,76
N7-N9	0,57	1,17	1,32	3,50
N7-N8	0,55	1,20	1,34	3,59
N8-N9	0,68	0,91	1,13	2,72
N8-N5	0,55	1,20	1,34	3,59
N8-N11	0,65	0,97	1,18	2,91
N9-N5	0,57	1,16	1,32	3,49
N9-N6	0,70	0,88	1,10	2,64
N9-N1	0,61	1,08	1,26	3,23
N11-N7	0,56	1,19	1,33	3,58
N11-N9	0,69	0,90	1,12	2,69

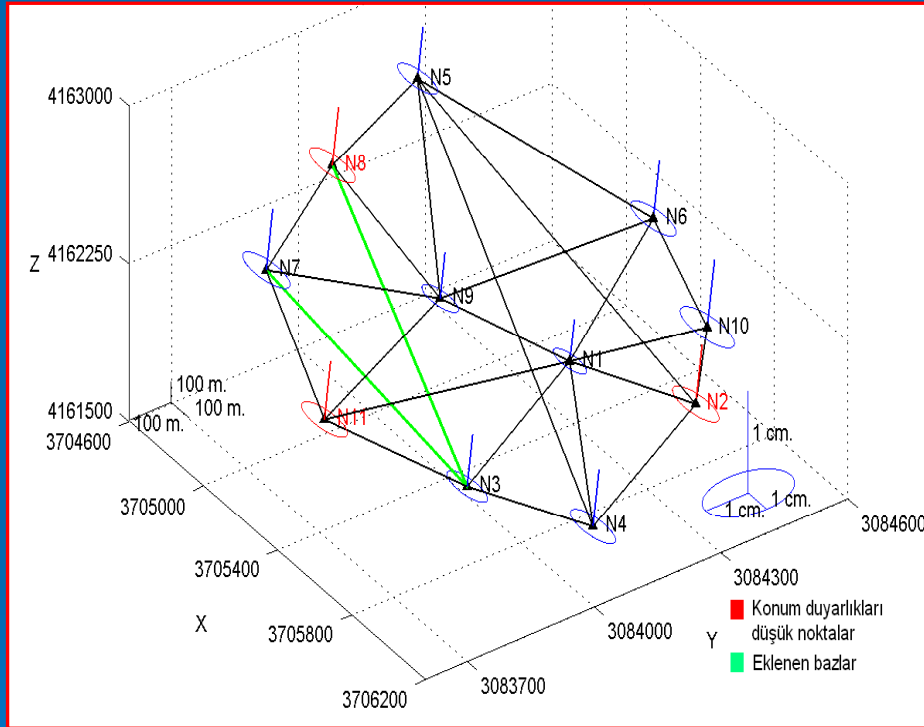
Duyarlık ve Güven Amaç Fonksiyonlarının Birlikte Ele Alındığı Ölçü Planı Optimizasyonu

Birinci ölçü planı ile oluşturulan ağda konum duyarlılığı düşük noktalar ve güvenirliliği yetersiz bazlar



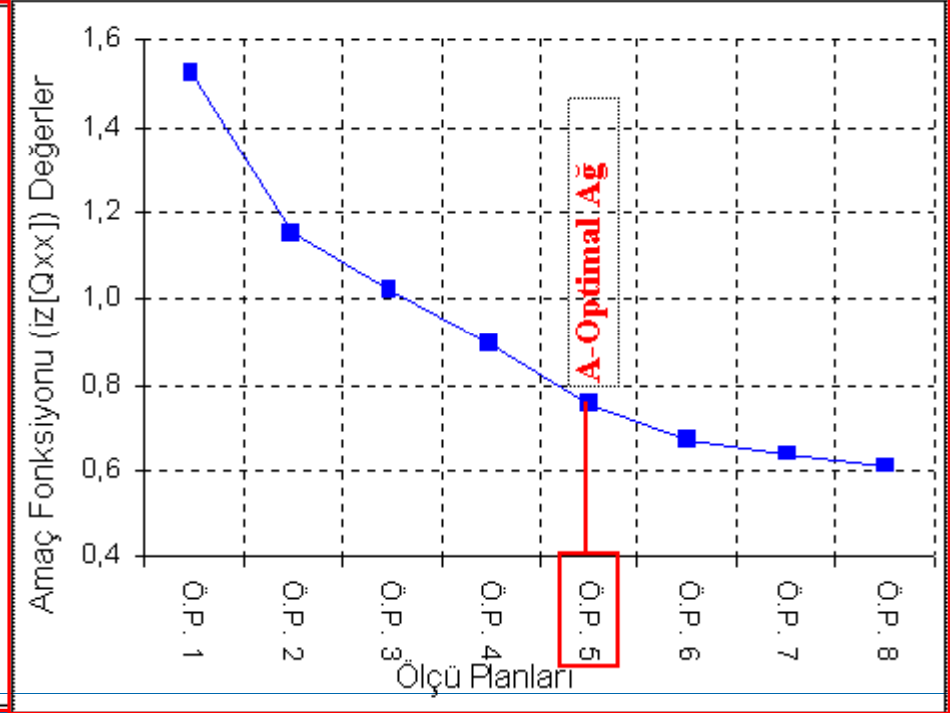
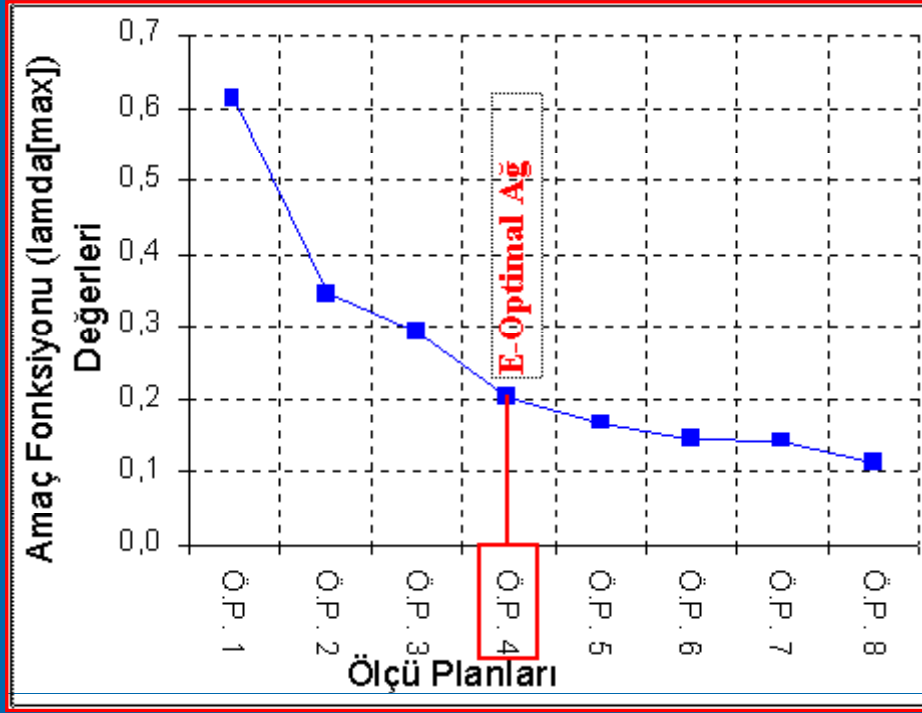
Ağın güven ölçütü değerleri

Dördüncü ölçü planı ile karar verilen güvenilir ağ



Bazlar	Ağın güven ölçütleri ve sınır değerleri			
	Redundanz payı $r_{(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j}$ (Sınır değer=0.5)	İç güven ölçütü $ \Delta_{0(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j} $	Sınır Değer Sınır Değer (6m _{ij})	Dış güven ölçütü $\delta_{0(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)_j}$ (Sınır değer=6)
N1-N2	0,63	1,02	1,21	3,05
N1-N4	0,64	1,01	1,21	3,02
N1-N3	0,65	0,97	1,18	2,91
N1-N6	0,64	1,01	1,21	3,02
N1-N10	0,56	1,17	1,32	3,52
N1-N11	0,61	1,07	1,25	3,20
N2-N10	0,51	1,31	1,40	3,94
N2-N4	0,57	1,15	1,31	3,45
N3-N4	0,57	1,17	1,32	3,50
N3-N7	0,61	1,07	1,25	3,22
N3-N8	0,60	1,10	1,27	3,30
N3-N11	0,61	1,06	1,25	3,19
N5-N2	0,58	1,13	1,29	3,38
N5-N4	0,59	1,10	1,27	3,31
N5-N6	0,59	1,12	1,28	3,35
N6-N10	0,51	1,31	1,40	3,93
N7-N9	0,62	1,05	1,24	3,15
N7-N8	0,58	1,14	1,30	3,41
N8-N9	0,63	1,03	1,22	3,09
N8-N5	0,57	1,16	1,31	3,48
N9-N5	0,65	0,98	1,18	2,94
N9-N6	0,60	1,09	1,26	3,26
N9-N1	0,69	0,90	1,12	2,70
N11-N7	0,58	1,13	1,29	3,40
N11-N9	0,62	1,04	1,23	3,12

E- ve A-optimal ağların planlanmasında eklenen bazların amaç fonksiyonları değerlerine etkileri



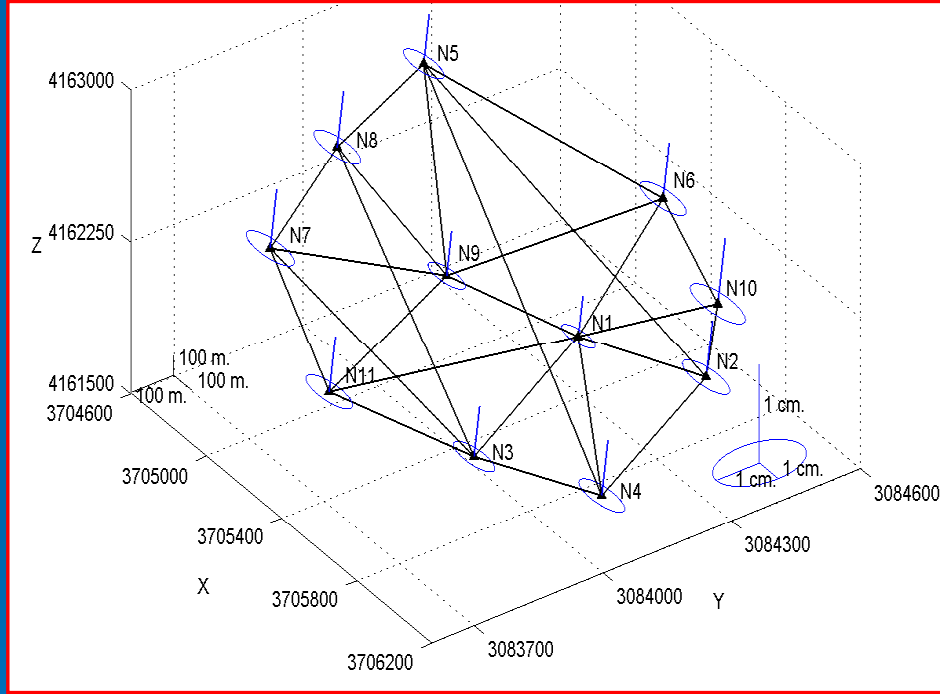
$\lambda_{\max(j)} \leq 0.25$ \Rightarrow Sınır Değer (E-opt.)

$\sum_{i=1}^{3p} \lambda_i)_j \leq 0.8$ \Rightarrow Sınır Değer (A-opt.)

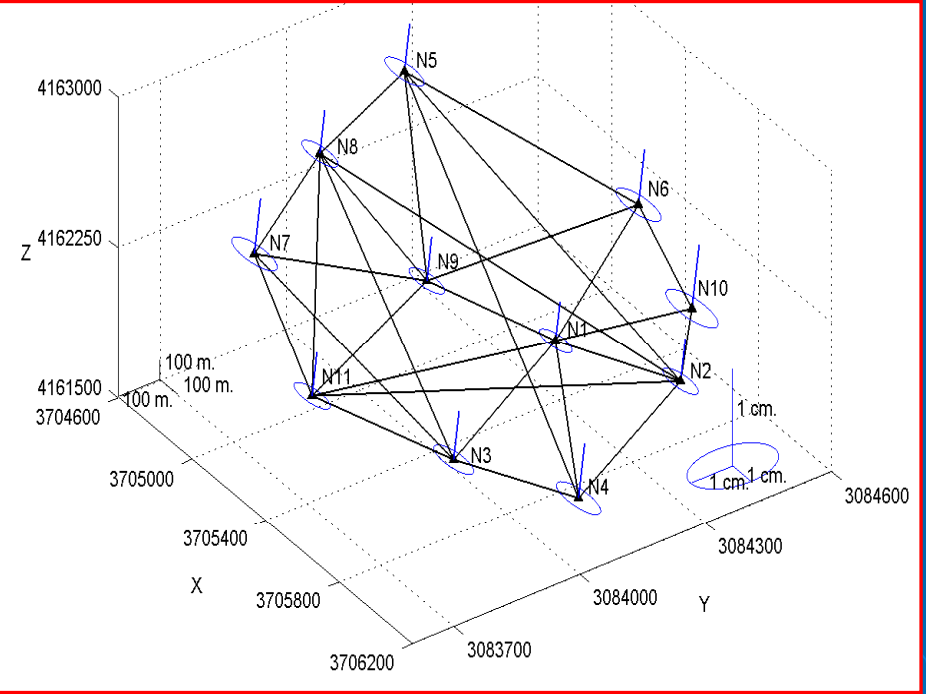
$\lambda_{\max(3)} = 0.29$; $\lambda_{\max(4)} = 0.21$

$\sum_{i=1}^{3p} \lambda_i)_4 = 0.89$; $\sum_{i=1}^{3p} \lambda_i)_5 = 0.76$

Duyarlık ve güven amaç fonksiyonlarının
birlikte ele alındığı ölçü planı optimizasyonunda karar verilen
güvenilir E- ve A-optimal ağlar

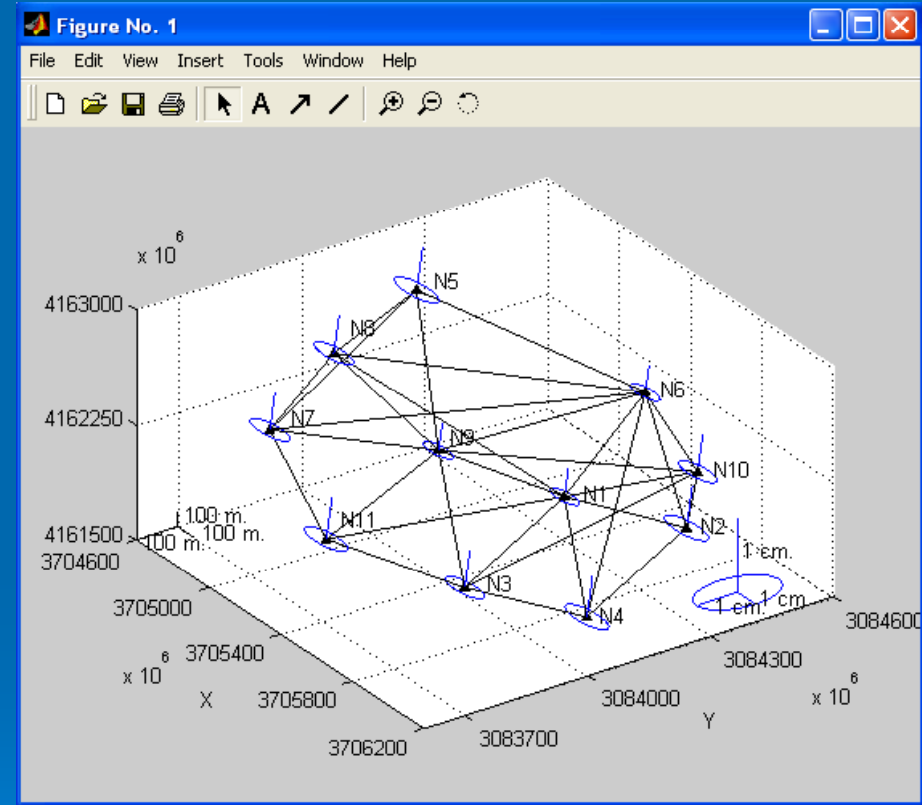
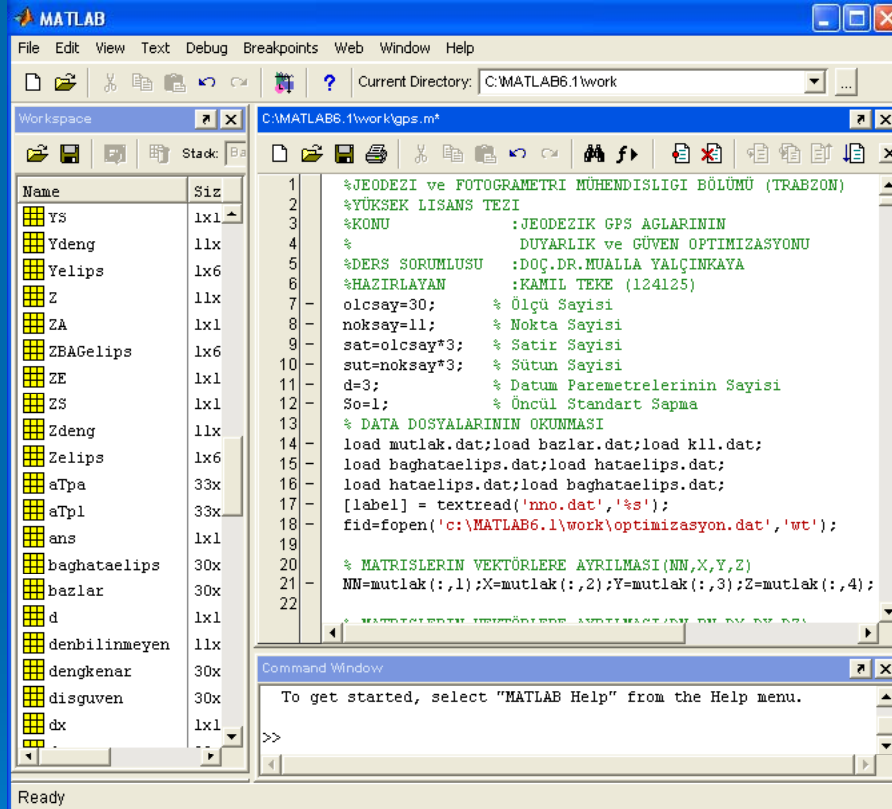


Güvenilir E-Optimal Ağ



Güvenilir A-Optimal Ağ

Simülasyon Yönteminin Matlab Derleyicisi ile Uygulanması



Matlab derleyicisi arayüzü

Matlab derleyicisi grafik arayüzü

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

☞ Minimum ölçü planından maksimum ölçü planına gidilerek yapılan optimizasyon işleminde, seçilen duyarlık amaç fonksiyonlarına en fazla etki eden bazların, büyük olan nokta hata elipsoidleri eksenleri yönünde ilave edilen yeni bazlar olduğu belirlenmiştir. Bu bazlar ölçü planına eklenmiş ve amaç fonksiyonu değeri sınır değerinin altında kaldığında optimal ölçü planına ulaşıldığına karar verilmiştir.

☞ Tasarım aşamasında seçilen duyarlık amaç fonksiyonları değerlerinin ağdaki baz sayısı ile ters orantılı olduğu fakat doğrusal olmadığı görülmüştür.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

☞ Duyarlık ve güven amaç fonksiyonlarının birlikte ele alındığı ölçü planı tasarımında sadece duyarlık veya sadece güven amaç fonksiyonlarına bağlı kalınarak gerçekleştirilen optimizasyon işleminden farklı olarak yineleme sayısının fazla olduğu fakat ağa hem duyarlık hem de güven isteklerini sağlayacak güçlü bir geometrinin kazandırıldığı görülmüştür.

☞ Çalışma sonucunda, simülasyon yönteminin ölçü planında değişiklik yapılması sürecinde hangi bazların eklenmesi gerektiğine bilgisayarla karar verebilecek algoritmaların geliştirilmesine olanak sağladığı, bu üstünlüklerine karşın yinelemeli çözüm yapıldığından işlenmesi gereken veri yükünün çok olduğu görülmüştür.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Sonuç olarak, bir GPS ağının tasarımında,

- ✓ *ağın duyarlık optimizasyonunda*, tasarımı aşamasında bazların kapalı luplardan oluşturulması ve oturumların her sonraki oturumun en az daha önceden ölçü yapılan bir bazı içermesi,
- ✓ baz hatalarının nokta konum hatalarına etkisini azaltmak ve güvenilirliği artırmak için bazların birbirine dik planlanması diğer bir deyişle küçük açılarla kestirilmemeleri,
- ✓ ağın simülasyon yöntemiyle optimizasyonunda minimum ölçü planından maksimum ölçü planına gidilirken duyarlığı düşük olan noktaları birleştiren bazların ağa ilave edilmesi,

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

✓ ağın güven optimizasyonunda, ağdaki ölçüler homojen dağılmadığında ağın ortalama serbestlik derecesinin yüksek olması güvenilir bir ağ olduğu anlamına gelmediğinden ölçülerin geometrisine bağlı olarak ağda ölçülerin redundanz değerlerinin, ağın iç ve dış güven ölçütleri değerlerinin sınır değer şartlarını ayrı ayrı gerçekleştirmeleri ve tüm ağda homojen yapıda olmalarının sağlanması,

✓ ağın, duyarlık ve güven optimizasyonunun birlikte yapılması, önerilir.

TEŐEKKÜR EDERİM