

LINDO
(Linear Interactive and Discrete Optimizer)

YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI
YÜKSEK LİSANS DERSİ

2010-2011 Güz-Bahar Yarıyılı

YRD.DOÇ.DR.MEHMET TEKTAŞ

ÖRNEK

$$6X_1 + 3X_2 \leq 96$$

Tasarım atölyesi kısıtı

$$X_1 + X_2 \leq 18$$

Montaj atölyesi kısıtı

$$2X_1 + 6X_2 \leq 72$$

Test atölyesi kısıtı

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

İşaret kısıtları

kısıtları altında

$$\text{ENB } z = 80X_1 + 70X_2$$

LINDO formatı

MAX 80 TV + 70 RADYO

S.T.

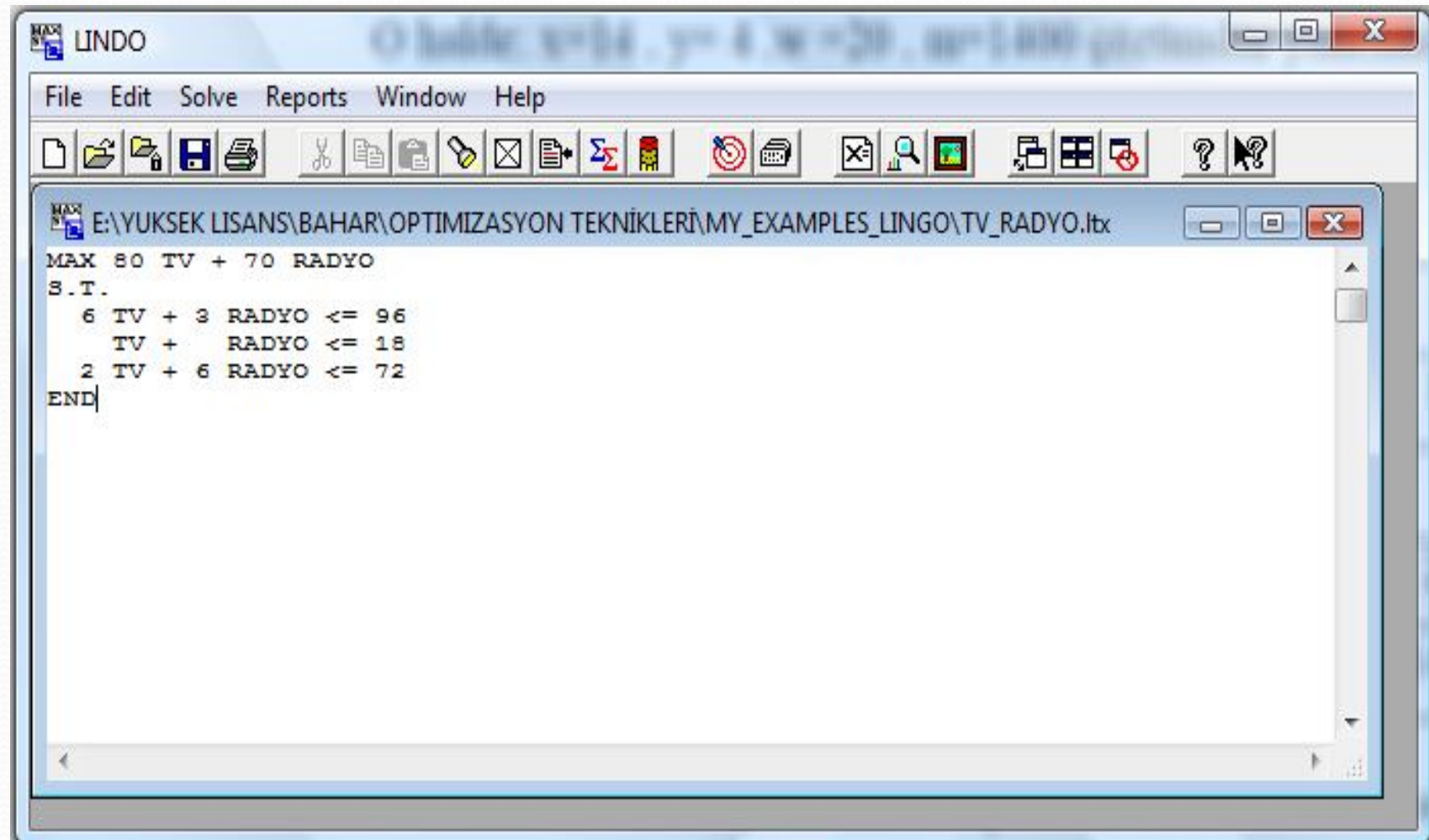
6 TV + 3 RADYO $\leq$ 96

TV + RADYO $\leq$ 18

2 TV + 6 RADYO $\leq$ 72

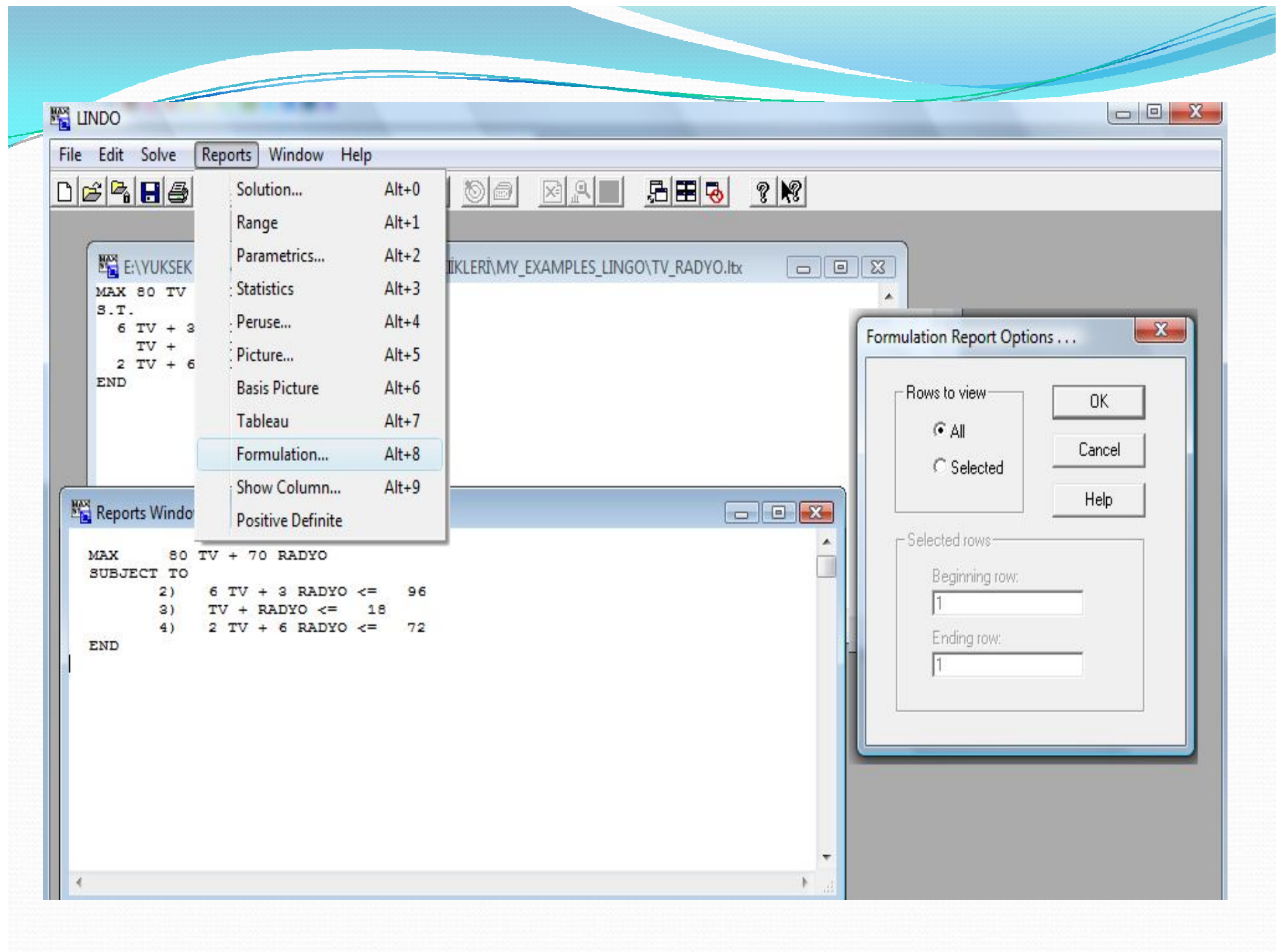
END

LINDO programı

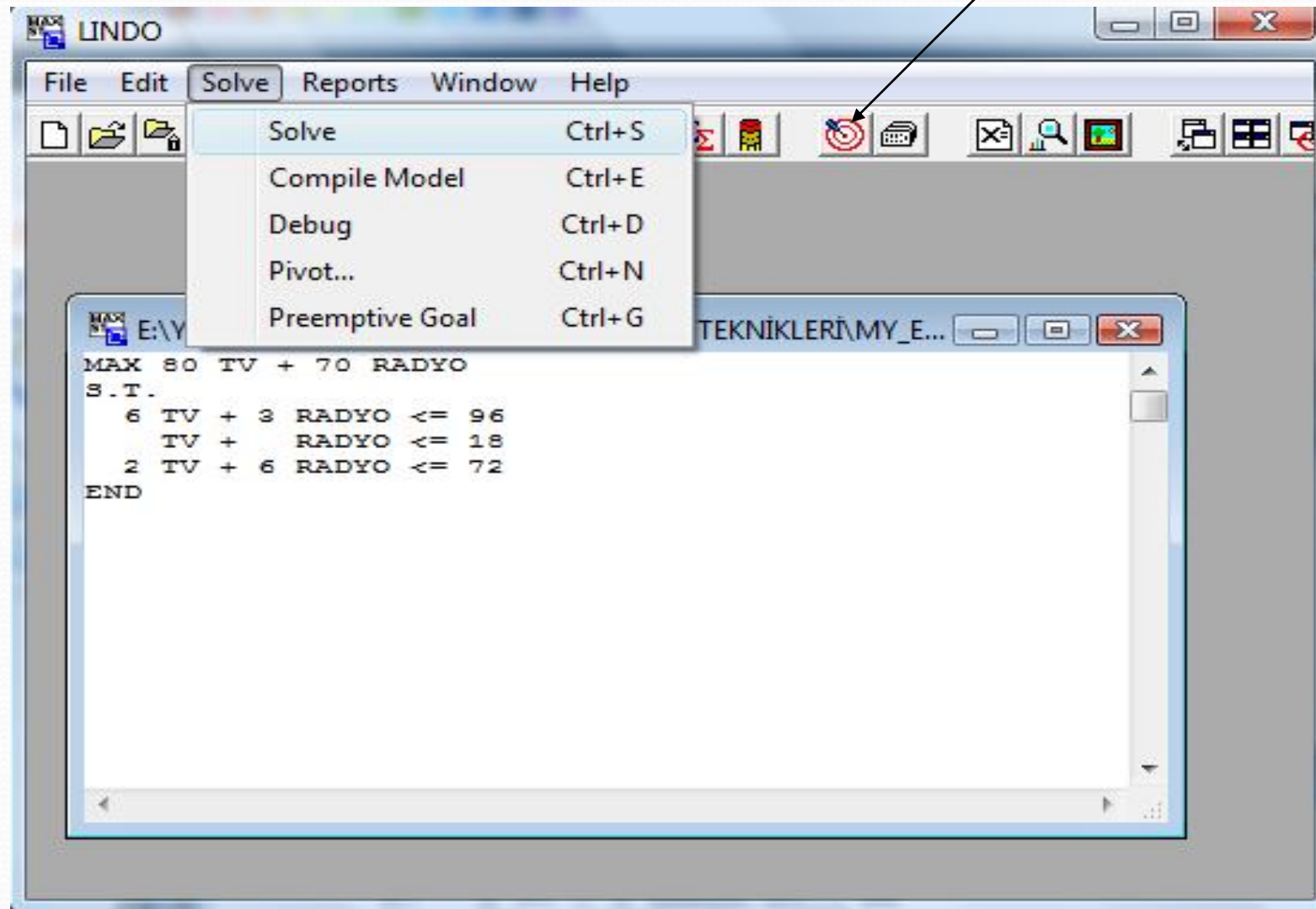


İşaret Tanımları

- LINDO, aksi belirtilmedikçe tüm karar değişkenlerinin $\geq$ olduğunu varsayar.
- FREE SIRA : serbest değişken
- INT SIRA : SIRA değişkeni 0-1 tamsayılı
- GIN SIRA : SIRA değişkeni tamsayılı
değişken
- GIN 3 : İlk 3 değişken tamsayılı değişken
- SUB SIRA 1 : SIRA değişkeni için üst sınır 1
- SLB SIRA 3 : SIRA değişkeni için alt sınır 3



Çözüm



Çözüm

The screenshot displays the LINDO Solver software interface. The main window shows the 'Reports Window' with the following text:

```
LP OPTIMUM FOUND AT STEP      2

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)  E:\YUKSEK LISANS\BAHAR\OPTIMIZASYON TEKNİKLERİ
    2)  MAX 80 TV + 70 RADYO
    3)  S.T.
    4)      6 TV + 3 RADYO <= 96
    5)      TV + RADYO <= 18
    6)      2 TV + 6 RADYO <= 72
    7)  END
```

Below this, a table shows the current values and right-hand side values for the constraints:

ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE ALLOWABLE INCREASE
2	96.000000	12.000000
3	18.000000	2.000000
4	72.000000	INFINITE

Overlaid on the main window is the 'LINDO Solver Status' dialog box, which provides the following information:

Optimizer Status:

Parameter	Value
Status:	Optimal
Iterations:	2
Infeasibility:	0
Objective:	1400
Best IP:	N/A
IP Bound:	N/A
Branches:	N/A
Elapsed Time:	00:00:00

At the bottom of the dialog box, there is an 'Update Interval' set to 1, and two buttons: 'Interrupt Solver' and 'Close'.

Çözüm- *En iyi çözüm ve duyarlılık analizi*

MAX
Reports Window

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1400.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
TV	14.000000	0.000000
RADYO	4.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	3.333333
3)	0.000000	60.000000
4)	20.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 2

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
TV	80.000000	60.000000	9.999999	30.000000
RADYO	70.000000	9.999999		

ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	96.000000	12.000000	15.000000	2.000000
3	18.000000	2.000000		
4	72.000000	INFINITY	20.000000	

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1400.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
TV	14.000000	0.000000
RADYO	4.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	3.333333
3)	0.000000	60.000000
4)	20.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 2

- En iyi çözüm ikinci iterasyonda bulunmuştur.
- En iyi değer = 1400
- En iyi çözüm:
TV=14, RADYO=4
- Temel değişkenler:
TV, RADYO

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1400.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
TV	14.000000	0.000000
RADYO	4.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	3.333333
3)	0.000000	60.000000
4)	20.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 2

- Simpleks tablosunun sıfır satırındaki katsayılar indirgenmiş maliyetleri verir.
- TV ve RADYO değişkenleri temelde olduğundan indirgenmiş maliyetleri sıfırdır.

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1400.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
TV	14.000000	0.000000
RADYO	4.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	3.333333
3)	0.000000	60.000000
4)	20.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 2

- Üçüncü kısıta eklenen aylak değişkenin değeri 20 olup, test atölyesi kaynağının 20 biriminin kullanılmadan kaldığını gösterir.
- Birinci ve ikinci kısıtlara eklenen aylak değişkenlerin değeri sıfır olup, en iyi çözümde bu kaynakların tamamı kullanılmıştır. Yani bu kısıtlar eşitlik olarak gerçekleşen sıkı kısıtlardır (binding constraints).


```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      2

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      1400.000

      VARIABLE            VALUE            REDUCED COST
      TV                  14.000000          0.000000
      RADYO                4.000000          0.000000

      ROW    SLACK OR SURPLUS    DUAL PRICES
    2)           0.000000          3.333333
    3)           0.000000          60.000000
    4)          20.000000          0.000000

NO. ITERATIONS=         2

```

- İkili değişkenlerin değeri

$$Y = [3.333333 \quad 60 \quad 0]$$

- Bir kısıtın gölge fiyatı, bu kısıta karşı gelen ikil değişkene eşittir. Asıl modelde bi'yi 1 birim arttıırırsak (i. kısıtın STS değeri), en iyi z değerinde gerçekleşecek iyileşme miktarını verir.
- Bu iyileşme, bi'deki artışın en iyilik koşullarını bozmaması halinde geçerlidir.

İkil değişkenlerin yorumlanması

$$\mathbf{Y} = [3.333333 \quad 60 \quad 0]$$

$$y_1 = 3.333333 :$$

- Tasarım kısıtının gölge fiyatı = 3.333333
- Tasarıma ayrılan saati 1 birim arttırmak, amaç fonksiyonu değerinde 3.333333 birim değerinde bir iyileşme sağlayacaktır (yani satış gelirinde 3.333333 LİRA'lık bir artış olacaktır).
($b_2 = 96 + 1 = 97$ olursa, yeni z değeri = $1400 + 1 \cdot (3.333333) = 1403.333333$ olur)
- i. kısıtın gölge fiyatı, i. kısıtla ilişkili kaynağın fazladan 1 birimi için, şirketin ödeyeceği en büyük fiyat olarak da düşünülebilir.
- Ekstra 1 saat tasarım için, bu şirket 3.333333 LİRA'ya kadar ödeme yapabilir.

$6 \text{ TV} + 3 \text{ RADYO} \leq 96$	<i>Montaj atölyesi kısıtı</i>
--	-------------------------------

İkil değişkenlerin yorumlanması

$$\mathbf{Y} = [3.333333 \quad 60 \quad 0]$$

$y_2 = 60$:

- Montaj kısıtının gölge fiyatı=60
- Montaja ayrılan saati 1 birim arttırmak, amaç fonksiyonu değerinde 60 birim değerinde bir iyileşme sağlayacaktır (yani satış gelirinde 60 LİRA'lık bir artış olacaktır). ($b_2 = 18 + 1 = 19$ olursa, yeni z değeri $= 1400 + 1 \cdot (60) = 1460$ olur)
- i. kısıtın gölge fiyatı, i. kısıtla ilişkili kaynağın fazladan 1 birimi için, şirketin ödeyeceği en büyük fiyat olarak da düşünülebilir.
- Ekstra 1 saat montaj için, bu şirket 60 LİRA'ya kadar ödeme yapabilir.

$TV + RADYO \leq 18$

Montaj atölyesi kısıtı

İkil değişkenlerin yorumlanması

$$\mathbf{Y} = [3.333333 \quad 60 \quad 0]$$

$y_3 = 0$:

- Test atölyesi kısıtının gölge fiyatı = 0
- Test süresini 1 birim arttırmak, amaç fonksiyonu değerinde bir iyileşme sağlamayacaktır (yani satış gelirinde bir artış olmayacaktır).
- Elimizde 72 birim test süresi var ve en iyi çözümde bunun 52 birimi kullanılmakta, 20 birimi ise kullanılmadan kalmaktadır. Zaten elimizde kullanılmayan kaynak olduğundan, bu kaynağı arttırmak (73 birim veya daha fazla yapmak) mamul üretim miktarlarında bir artış sağlamayacak, sonuçta bize hiçbir katkısı olmayacaktır.

$2 \text{ TV} + 6 \text{ RADYO} \leq 72$	<i>Test atölyesi kısıtı</i>
--	-----------------------------

Aylaklığın tamamlayıcı özelliği

$$s_i \cdot y_i = 0$$

$$s_1 \cdot y_1 = 0 \cdot 3,33 = 0$$

$$s_2 \cdot y_2 = 0 \cdot 60 = 0$$

$$s_3 \cdot y_3 = 20 \cdot 0 = 0$$

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1400.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
TV	14.000000	0.000000
RADYO	4.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	3.333333
3)	0.000000	60.000000
4)	20.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 2

Duyarlılık analizleri

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
TV	80.000000	60.000000	9.999999
RADYO	70.000000	9.999999	30.000000

ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	96.000000	12.000000	15.000000
3	18.000000	2.000000	2.000000
4	72.000000	INFINITY	20.000000

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
TV	80.000000	60.000000	9.999999
RADYO	70.000000	9.999999	30.000000

- Eldeki temel, yukarıda izin verilen sınırların dışına çıkılmadıkça korunur.
- Örneğin, TV'nin satış fiyatı $[80-9.999, 80+60]=[70.001, 140]$ arasında kaldıkça eldeki en iyi temel korunacaktır. (RADYO satış fiyatları sabit kalmak koşulu ile)

ROW	RIGHTHAND SIDE RANGES		
	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	96.000000	12.000000	15.000000
3	18.000000	2.000000	2.000000
4	72.000000	INFINITY	20.000000

- Eldeki temel, yukarıda izin verilen sınırların dışına çıkılmadıkça korunur.
- Örneğin, ikinci kısıtın kaynak miktarı $[18-2, 18+2]=[16, 20]$ aralığında kaldıkça en iyi temel korunacaktır. (Diğer kısıtların kaynak miktarları sabit kalmak koşulu ile)

montaj atölyesine 1 saat ilave edildiğinde kar ne kadar artar?

$$\text{TV} + \text{RADYO} \leq 18$$

Montaj atölyesi kısıtı

- $\Delta = 1$ (Mevcut kaynakta 1 saat artma)
- $y_2 = 60$
(ikinci kısıtın ikil değişkeni)
- Duyarlılık analizine göre:
 $16 \leq b_2 \leq 20$ olduğu müddetçe en iyi temel değişmez.
19 bu aralıkta kaldığından, eldeki temel korunacaktır.
- Yeni en iyi değer = $1400 + (1) \cdot 60 = 1460$ LİRA olur.