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

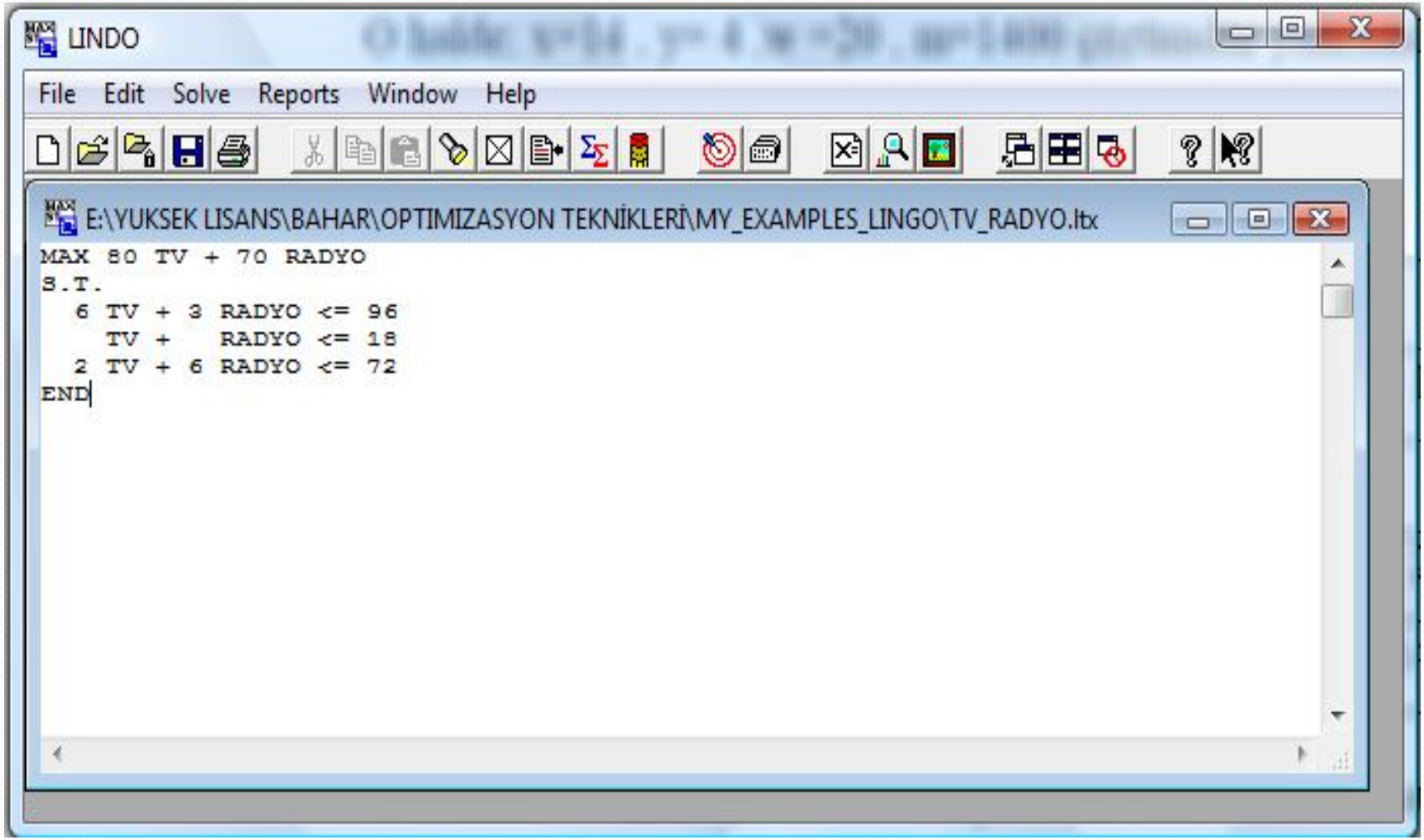
kısıtları altında

ENB $z=80X_1+70X_2$

LINDO formatı

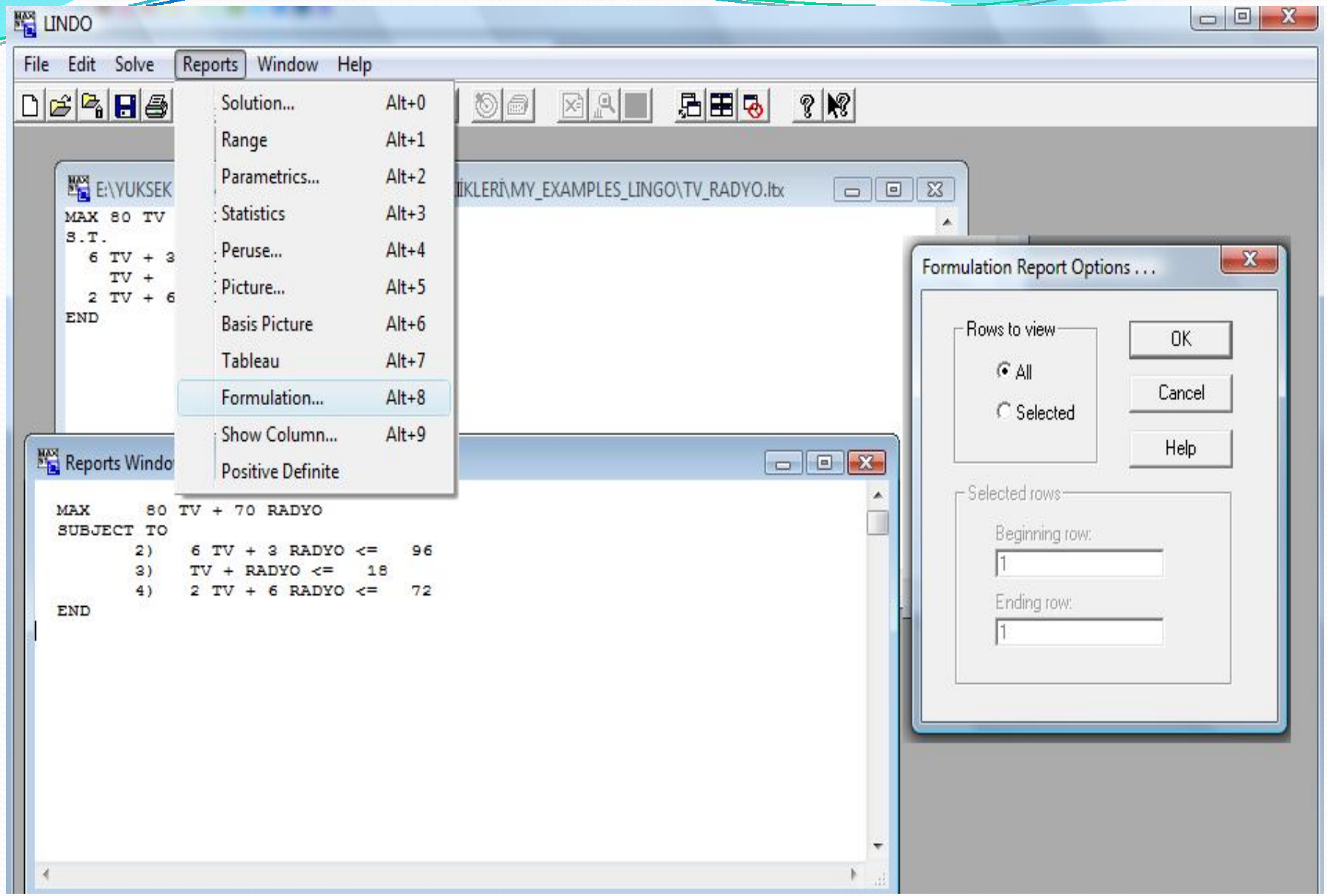
```
MAX 80 TV + 70 RADYO
S.T.
  6 TV + 3 RADYO <= 96
     TV +   RADYO <= 18
  2 TV + 6 RADYO <= 72
END
```

LINDO programı

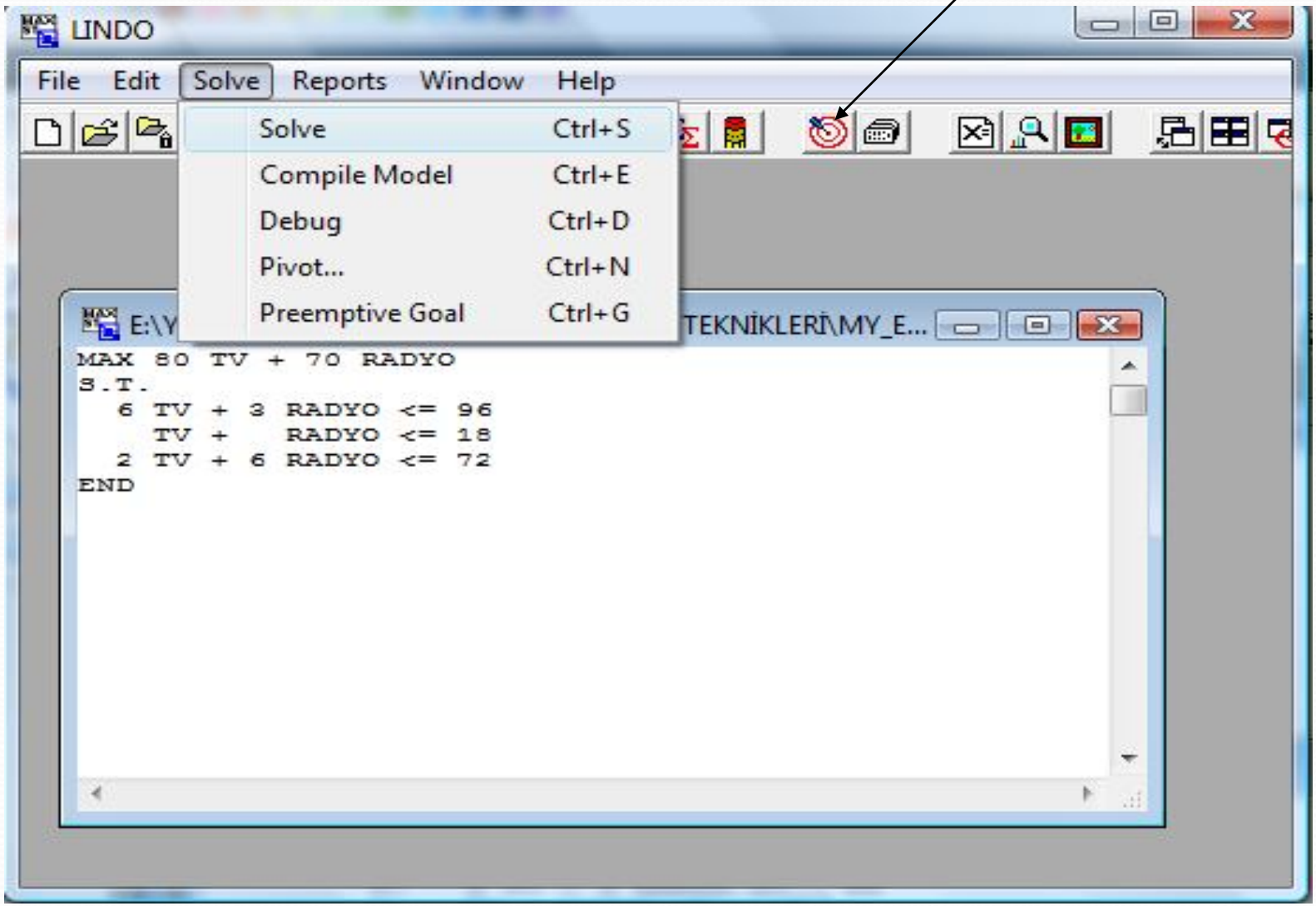


İşaret Tanımları

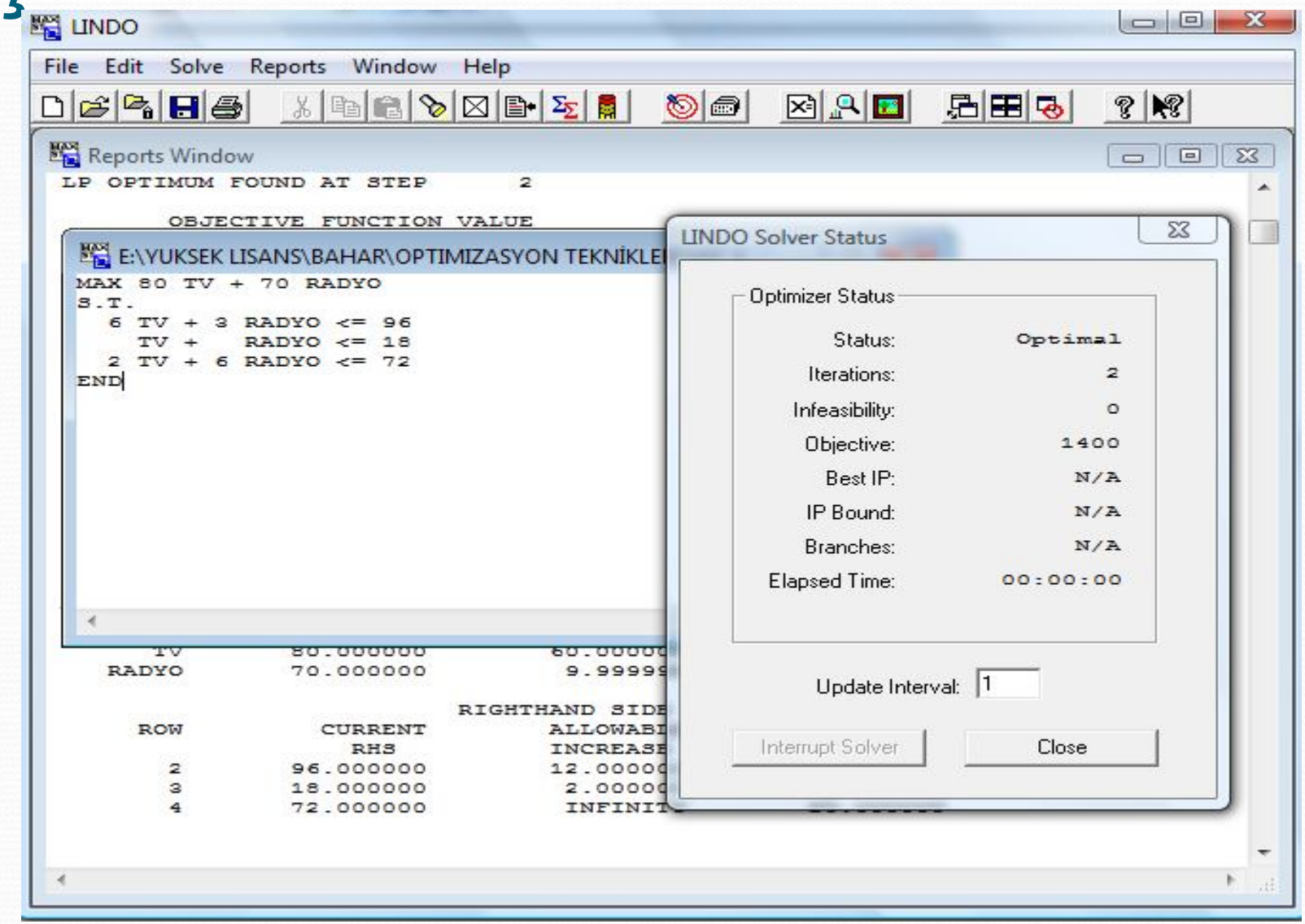
- LINDO, aksi belirtilmedikçe tüm karar değişkenlerinin ≥ olduğunu varsayar.
- FREE SIRA : serbest değişken
- INT SIRA : SIRA değişkeni 0-1 tamsayılı
- GIN SIRA : SIRA değişkeni tamsayılı değişken
- GIN 3 : İlk 3 değişken tamsayılı değişken
- SUB SIRA 1 : SIRA değişkeni için üst sınır 1
- SLB SIRA 3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


LINDO
File Edit Solve Reports Window Help
Solution... Alt+0
Range Alt+1
Parametrics... Alt+2
Statistics Alt+3
Peruse... Alt+4
Picture... Alt+5
Basis Picture Alt+6
Tableau Alt+7
Formulation... Alt+8
Show Column... Alt+9
Positive Definite
E:\YUKSEK
IKLERİ\MY_EXAMPLES_LINGO\TV_RADYO.ltx
MAX 80 TV
S.T.
6 TV + 3
TV +
2 TV + 6
END
Reports Windo
MAX 80 TV + 70 RADYO
SUBJECT TO
2) 6 TV + 3 RADYO <= 96
3) TV + RADYO <= 18
4) 2 TV + 6 RADYO <= 72
END
Formulation Report Options . . .
Rows to view
All
Selected
OK
Cancel
Help
Selected rows
Beginning row:
1
Ending row:
1

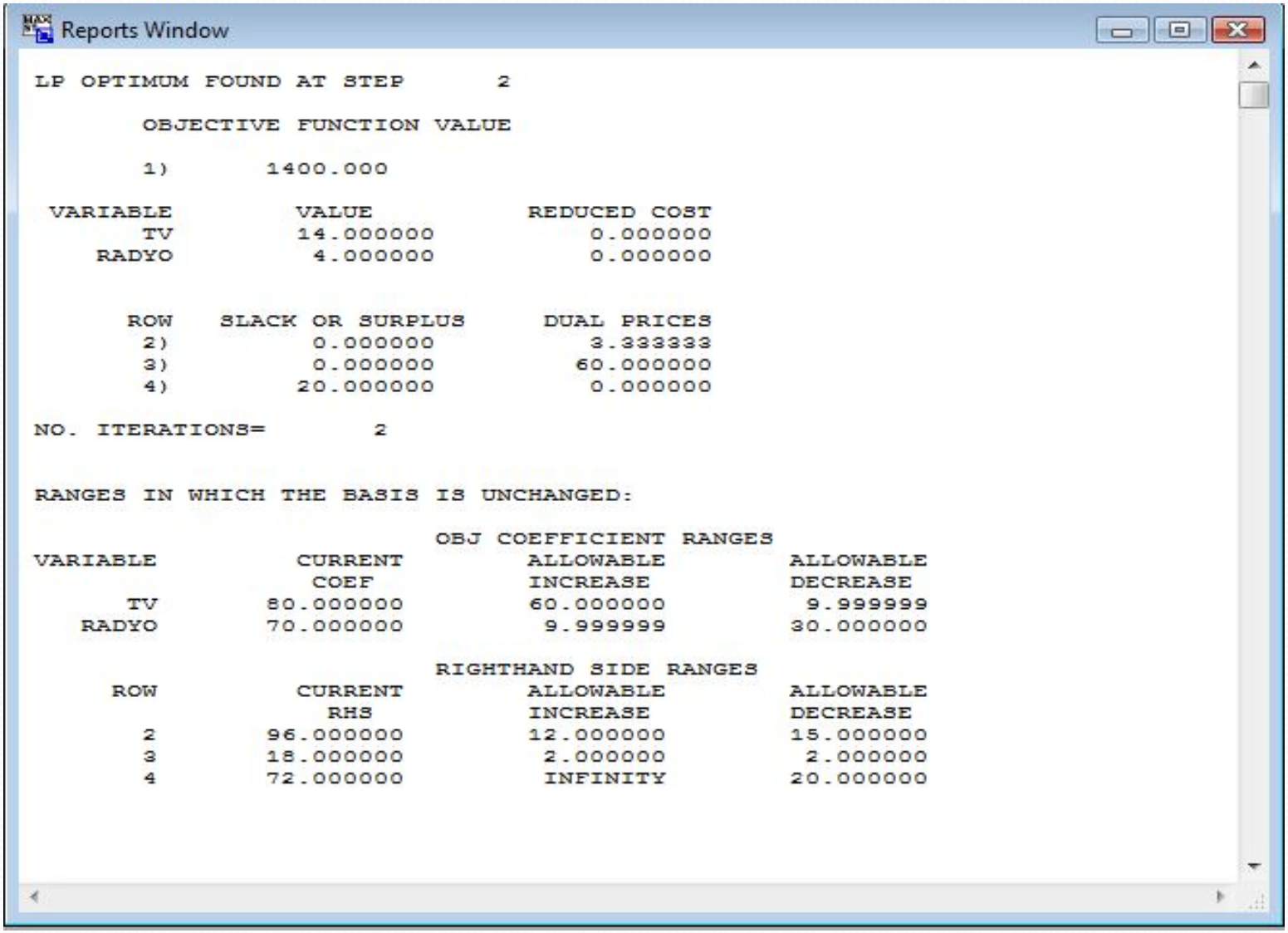
Çözüm


LINDO
File
Edit
Solve
Reports
Window
Help
Solve Ctrl+S
Compile Model Ctrl+E
Debug Ctrl+D
Pivot... Ctrl+N
Preemptive Goal Ctrl+G
TEKNİKLERİ\MY_E...
MAX 80 TV + 70 RADYO
S.T.
6 TV + 3 RADYO <= 96
TV + RADYO <= 18
2 TV + 6 RADYO <= 72
END

Çözüm


LINDO
File Edit Solve Reports Window Help
Reports Window
LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2
OBJECTIVE FUNCTION VALUE
E:\YUKSEK LISANS\BAHAR\OPTIMIZASYON TEKNİKLE
MAX 80 TV + 70 RADYO
S.T.
6 TV + 3 RADYO <= 96
TV + RADYO <= 18
2 TV + 6 RADYO <= 72
END
RADYO 70.000000 9.99999
RIGHTHAND SIDE
ROW CURRENT RHS ALLOWABL INCREASE
2 96.000000 12.00000
3 18.000000 2.00000
4 72.000000 INFINIT
LINDO Solver Status
Optimizer Status
Status: Optimal
Iterations: 2
Infeasibility: 0
Objective: 1400
Best IP: N/A
IP Bound: N/A
Branches: N/A
Elapsed Time: 00:00:00
Update Interval: 1
Interrupt Solver
Close

Çözüm- *En iyi çözüm ve duyarlılık analizi*



```
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
```

- İkil değişkenlerin değeri

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

- Bir kısıtın gölge fiyatı, bu kısıta karşı gelen ikil değişkene eşittir. Asıl modelde bi'yi 1 birim arttırırsak (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

Y=[3.333333 60 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.(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 TV	+	3 RADYO	≤ 96	*Montaj atölyesi kısıtı*

İkil değişkenlerin yorumlanması

Y=[3.333333 60 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.(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	≤ 18	*Montaj atölyesi kısıtı*

İkil değişkenlerin yorumlanması

Y=[3.333333 60 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 TV	+ 6 RADYO	≤ 72	*Test atölyesi kısıtı*

Aylaklığın tamamlayanı özelliği

```
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
```

$s_i \cdot y_i = 0$

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

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

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

Duyarlılık analizleri

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

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

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	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

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

	OBJ COEFFICIENT RANGES		
VARIABLE	CURRENT COEF	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'nın satış fiyatı

  [80-9.999, 80+60]=[70.001, 140] arasında kaldıkça eldeki en iyi temel korunacaktır. (RADYO satış fiyatları sabit kalmak koşulu ile)

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	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?

TV + RADYO ≤ 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).60= 1460 LİRA olur.