

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

YÖNEYLEM – I

LINDO 3.2 (Download: www.lindo.com)

KASIM 2004

1. Giriş

LINDO (Linear, INteractive, and Discrete Optimizer) doğrusal ve tamsayılı programlama modellerinin çözümünde kullanılan güçlü bir paket programıdır. Demo versiyonu 150 kısıt, 300 değişken ve 50 binary değişken içerecek şekilde kurulmuş modelleri çözebilir.

2. LINDO Menüleri

Bu bölümde LINDO da en sık kullanılan menülere yer verilmiştir.

File

Edit

Solve

Solve :Aktif penceredeki modeli çözer

Compile Model :Modelde yazım hatası kontrolü yapar.

Debug :Modeli çözümsüzlük ve sınırsız çözüm bazında kontrol eder.

Pivot :Simpleks iterasyonu uygular.

Preemptive Goal :Lexico optimizasyon yöntemini (amaç programlama yapısı) kullanır.

Reports

Solution :Çözüm raporu oluşturur.

Range :Duyarlılık analizi raporu oluşturur.

Parametrics :STD üzerinde parametrik analiz yapar. Verilen yeni STD ye göre Amaç fonksiyonu optimal değerinin değişimini grafik üzerinde gösterir.

Statistics :Modelle ilgili istatistikleri gösterir(değişken sayısı, gereksiz satır sayısı vs).

Peruse :Modelin seçilen parçasına ilişkin text formatlı rapor oluşturur.

Picture :Modelin sıfır olmayan yapısının grafiğini oluşturur.

Tableau :Modelin Simpleks tablosunu rapor penceresine yazar.

Formulation :Aktif penceredeki modeli algıladığı şekliyle gösterir.

Show Column :Seçilen değişkenle ilgili detaylı bilgi verir(optimal deperi, simpleks tablosu katsayıları vs).

Window

Help

2. Model Yapısı

2.1. Amaç Fonksiyonu Yapısı

Amaç fonksiyonu modelin ilk satırıdır ve problemin tipine göre MAX ve MIN deyimleriyle başlar. Amaç fonksiyonu ile kısıtlar arasında

SUBJECT TO
SUCH THAT
S.T.
ST

aşğıdaki deyimlerden birisi yazılır. Bu ifade amaç fonksiyonunun bittiğini, kısıtların başladığını gösterir. Kısıtların sonunda END deyimi kullanılır.

2.2. Değişken İsimleri

LINDO da değişken isimleri 8 karakterle sınırlandırılmıştır. Değişken isimlerinin ilk harfi her zaman alfabetik karakter olması gerekir. Değişken isimlerinde aşğıdaki karakterler kullanılamaz.

!)++=<>

Geçerli değişken tanımlamaları :XYZ, MY_VAR, A12, SHIP.LA

Geçersiz değişken tanımlamaları :BUTANIMCOKUZUN, A-DEG1, 2INFRONT

2.3 Kısıt İsimleri

Modelde kısıtlar isimlendirilebilir. Kısıtların isimlendirilmesi LINDO çıktısının takibi açısından kolaylık sağlar. Değişken isimlendirilirken uyulması gereken kurallar kısıt isimlendirilmesinde de geçerlidir. Kısıt isimlendirme işleminin genel formatı aşğıda verilmiştir.

<kısıt adı>"")<kısıt eşitlik veya eşitsizliği>

Örnek:

ATOLYE)3X1+5X2<120

2.4. Operatörler

LINDA da kullanılan 5 farklı operatör vardır.

Operatör	Açıklama	Alternatifler
>	Büyük veya eşit şeklindeki kısıtların oluşturulmasında kullanılır. LINDO > operatörünü otomatik olarak $\geq$ şeklinde algılar.	>=
<	Küçük veya eşit şeklindeki kısıtların oluşturulmasında kullanılır. LINDO < operatörünü otomatik olarak $\leq$ şeklinde algılar.	<=
=	Eşit şeklindeki kısıtların oluşturulmasında kullanılır.	Yok
+	Değişken ve katsayı çarpımından oluşan terimlerin kısıtlarda veya amaç fonksiyonunda toplam olarak ifade edilmesini sağlar.	Yok
-	Değişken ve katsayı çarpımından oluşan terimlerin kısıtlarda veya amaç fonksiyonunda fark olarak ifade edilmesini sağlar.	Yok

2.5. İşlem Sırası

LINDO işlem sırasının değiştirilmesinde parantezlerin kullanılmasına izin vermez. LINDO da işlem sırası her zaman soldan sağa şeklindedir.

2.6. Açıklama Satırları

LINDO da model arasına açıklama satırları eklenebilir. Açıklama satırları ünlem harfiyle (!) başlar. Aşağıda bir örnek verilmiştir.

```
MAX 5X1+3X2 !Maksimum kar
S.T.
!Kısıtların yazılmasında fabrika ve
!taşıma makinelerinin kapasiteleri göz önüne alınmıştır.
5X1+x2<10
!Montaj atölyesi kısıtı
12X1+10X2>15
END
```

2.7. Modelde Satırların Bölünebilmesi

Amaç fonksiyonu veya herhangi bir kısıt tek bir satıra yazılabileceği gibi birden fazla satıra da bölünebilir. Bölme işlemi katsayı veya değişken adının ortasından yapılamaz. Aşağıda bir örnek verilmiştir.

```
MAX 5
X1+3X2 S.T.
5X1
+X2<10
12X1
+10X2>15 END
```

Aşağıdaki örnek kullanılamaz çünkü değişken adını ortadan bölmektedir. Benzer şekilde katsayı da ortadan bölünemez.

```
MAX 1X
1+X2
```

2.8. Büyük/Küçük Harf Duyarlılığı

LINDO da büyük/küçük harf duyarlılığı yoktur. LINDO girilen bütün bilgileri otomatik olarak büyük harfe çevirir. Örneğin modelin ayrı yerlerinde x ve X şeklinde kullanılan değişken LINDO açısından aynı değişkeni ifade eder.

2.9. Kısıtların Sağ Taraf Yapısı

Modelde sağ taraf değeri olarak sadece sabit sayılar kullanılabilir. $X>Y$ şeklindeki bir kullanım LINDO nun hata vermesine neden olacaktır. Bunun yerine $X-Y>0$ şeklinde belirtilmesi gerekir.

2.10. Kısıtların Sol Taraf Yapısı

Sağ tarafın tersine sol kısıtların sol tarafında sadece değişkenler ve onların katsayılarına izin verilir. $X+Y-10>0$ şeklinde bir kullanım yanlış olup $X-Y>10$ şeklinde belirtilmesi gerekir.

3. LINDO Modellerinde Kullanılan Bazı Terimler

Değişkenle ilgili herhangi bir tanımlama verilmemişse LINDO ilgili değişkenin sürekli değişken olduğunu, alt sınır değerinin 0 ve üst sınır değerinin $+\infty$ olduğunu varsayar.

3.1. FREE

Değişkeni sınırsız hale getirir. FREE deyimiyle kullanılan değişken negatif veya pozitif herhangi bir reel sayı değeri alabilir.

```
MIN 5X+Y
ST
    X+Y>5
    X-Y>7
END
FREE Y
```

3.2. GIN

Değişkenin tamsayı değerler almasını sağlar.

```
MAX 5X+Y
ST
    X+Y>5
    X-Y>7
END
GIN X
GIN Y
```

3.3. INT

Değişkenin Binary Değişken olduğunu yani 0 veya 1 değerlerini alabileceğini belirtir.

```
MAX -100X+29A+12B
ST
    A-10X<9
    A+B<11
    B<7
END
INT X
```

3.4. SLB

Değişkene alt sınır değeri verilmesini sağlar. SLB X 10 deyimiyle $X>10$ deyimi aynı sonucu verir.

```
MAX -100X+29A+12B
ST
    A-10X<9
    A+B<11
    B<7
END
SLB X 10
```

3.5. SUB

Değişkene üst sınır değeri verilmesini sağlar. SUB X 50 deyimiyle $X<50$ deyimi aynı sonucu verir.

```
MAX -100X+29A+12B
ST
    A-10X<9
    A+B<11
    B<7
END
SUB X 50
```

3.6. TITLE

Modele başlık verilmesini sağlar. En fazla 74 karakter uzunluğunda olabilir. LINDO penceresinde File/Title komutu verilirse çıktı bölümüne ilgili modelin başlığı yazılır. TITLE komutu END ifadesinden sonra yazılabileceği gibi modelin ilk satırı da olabilir.

TITLE Montaj Atolyesi modeli

Maximize 2X + 3Y

Subject to

$$4X + 3Y \leq 10$$

$$3X + 5Y \leq 12$$

end

4. LINDO Çıktısı

4.1. OBJECTIVE FUNCTION VALUE:Optimal amaç fonksiyonu değeri

4.2. VARIABLE:Değişken

- VALUE** :Optimal çözümde karar değişkenlerinin değeri
- REDUCED (OPPORTUNITY) COST** : Bu değer sadece temel olmayan gerçek değişkenler için söz konusu olan fırsat maliyetini ifade eder. Optimal çözümde değeri sıfır olan her değişken (temel olmayan değişken) için bir fırsat maliyeti elde edilir. Fırsat maliyeti bu değişkenin değerinin 1 birim artırılması sonucunda amaç fonksiyonunda meydana gelen kötüleşmeyi (amaç maksimizasyon ise azalmayı, minimizasyon ise artışı) ifade eder. Temel değişkenlerin fırsat maliyeti her zaman sıfırdır.

4.3. ROW :Satır, kısıtlar

- SLACK OR SURPLUS** :Gevşek veya artık değişkenlerin optimal çözümdeki değeri
- DUAL (SHADOW) PRICES** :Gölge fiyatı. Herhangi bir kısıta ait sağ taraf değeri 1 birim artırıldığında amaç fonksiyonunda meydana gelen iyileşmeyi (amaç maksimizasyon ise artışı, minimizasyon ise azalmayı) ifade eder.

4.4. RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED :Temelin değişmeyeceği geçerlilik aralıklarını belirtir.

- OBJ COEFFICIENT RANGES** :Amaç fonksiyonu katsayıları aralığı. Optimal çözümün aynı kalacağı (değişkenlerin değerlerinin değişmeyeceği) amaç fonksiyonu katsayıları aralığını gösterir.
- RIGHTHAND SIDE RANGES** :Sağ taraf değerleri aralığı. Temelin değişmeyeceği (aynı değişkenlerin temel değişken olarak kalacağı) sağ taraf değerleri aralığını ifade eder.
- CURRENT** :Mevcut (halihazırdaki) değer.
- ALLOWABLE INCREASE** :Artırılacak maksimum miktar.
- ALLOWABLE DECREASE** :Azaltılacak maksimum miktar.

5. Örnekler

6.1. Cam Fabrikası Problemi

TITLE CAM FABRİKASI ÖRNEĞİ				
MAX	3X1	+5X2		I(AMAÇ FONKSİYONU)
S.T.				
ATÖLYE.1)	X1		<=4	I(1. ATÖLYE KAPASİTE KISITI)
ATÖLYE.2)		2X2	<=12	I(2. ATÖLYE KAPASİTE KISITI)
ATÖLYE.3)	3X1+	2X2	<=18	I(3. ATÖLYE KAPASİTE KISITI)
POZİT.X1)	X1		>=0	I(X1 İÇİN NEGATİF OLMAMA KISITI)
POZİT.X2)		X2	>=0	I(X2 İÇİN NEGATİF OLMAMA KISITI)

6.2. Kesinti Kaybı Problemi

MIN	4X1+	3X2+	X3+		X5+	2X6+	5Y1+	7Y2+	9Y3	
S.T.										
		2X2+	2X3+	4X4+	X5		-Y1			=150
	X1+	X2+			2X5			-Y2		=200
	X1+		X3+			2X6			-Y3	=300