Publication of Association Esprit, Société et Rencontre
Strasbourg/FRANCE

The Journal of Academic Social Science Studies

JASSS

Volume 5 Issue 8, p. 1333-1344, December 2012

DOĞRUSAL PROGRAMLAMADA KULLANILAN SİMPLEKS YÖNTEMİN EXCEL İLE ÇÖZÜMÜ

SOLVING LINEAR PROGRAMMING PROBLEMS WITH SIMPLEX METHOD BY USING EXCEL

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali ALAN

Cumhuriyet Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü

Yrd. Doç. Dr. Cavit YEŞİLYURT

Kafkas Üniversitesi İ.İ.B.F. İşletme Bölümü

Absract

Linear programming is an area of linear algebra in which the goal is to maximize or minimize a linear function whose boundary is defined by linear inequalities and equations. The solution can be consructed using the simplex method and is attributed to George Dantzig known as The Father of Linear Programming.

The solution of linear programming problems is possible to using by graffical method or simplex method. Optimum solition in graffical method related to the edge of the feasible region. Simplex method is also depend on this essential idea. Whith an another statement, Although simplex method is an algebrical method the essential idea it's depend on geometrical.

In the case of the number of variable two the solition of the model is possible using whith the grafical method. İf the number of variable more than two then this method is not use. Simplex method can be use both whith two varible and more. Whith simplex method objective function is aimed to be maximize or minimize by usin iterational processes.

The aims of profits to be maximized, or loss to be minimized by using the scarce resources of businesses wisely. One of the methods used in solving linear programming problems is simplex method. Excel enables optimum solutions to these problems of businesses without extra costs for businesses.

Key Words: *Mathematics Programming, Linear Programming,* Simplex Method, Excel Solver

Öz

Doğrusal programlama, kısıtlayıcıları eşitlik ya da eşitsizlik olarak verilen doğrusal bir amaç fonksiyonunu maksimum ya da minimum yapmayı amaç edinen doğrusal cebirin bir alanıdır. Doğrusal bir amaç fonksiyonu ve doğrusal eşitsizlik ya da eşitliklerden oluşan modelin çözümü simpleks metotla yapılabilir. Bu yöntem doğrusal programlamanın babası olarak bilinen George Dantzig tarafından geliştirilmiştir.

Doğrusal programlama problemlerinin çözümünü grafiksel yöntemle ya da simpleks yöntemle çözmek mümkündür. Grafiksel yöntemde optimum çözüm, mümkün çözüm alanının bir köşe noktasıyla ilişkilidir. Simpleks yöntem de esas olarak bu temel fikre dayanmaktadır. Bir başka söylemle simpleks yöntem cebrik bir yöntem olmasına karşın dayandığı temel fikir geometriktir.

Değişken sayısının iki olması durumunda modelin çözümü grafiksel yöntemle mümkündür. Değişken sayısının ikiden fazla olması durumunda ise grafiksel yöntemle modelin çözümü imkânsız olur. Simpleks yöntem ise iki değişkenli doğrusal programlama problemlerine uygulanabileceği gibi ikiden fazla değişken içeren doğrusal programlama problemlerinin çözümüne de olanak sağlar. Simpleks yöntemi ile amaç fonksiyonunu en büyük ya da en küçük (optimum) yapacak en iyi çözüme adım adım yaklaşılır. Bu nedenle, probleme bir uç noktasından başlanarak optimuma daha yakın bir ikincisine, oradan da bir üçüncüsüne biçiminde devam edilerek en iyi çözümü veren uç noktaya ulaşılır.

İşletmelerin kıt olan kaynaklarını kullanarak karı en büyük, ya da maliyetleri en küçük yapmayı amaçlayan doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan simpleks yöntemle çözüm için çeşitli paket programlar üretilmiştir. Ayrıca Excel ile de işletmeler için ilave bir masraf çıkarmadan simpleks yöntemin çözümü yapılabilmektedir.

Anahtar kelimeler: Doğrusal Programlama, Simpleks Yöntem, Excel Çözücü

1.Giriş

İşletmeler karlarını maksimize etmek ya da giderlerini minimize etmek amacındadırlar. Bugün işletmelerde kullanılan her bilgisayarda standart işletim sisteminin yanında ofis paketleri de kullanılmaktadır. Bu paketlerin dışında işletmeler kantitatif kararlarında kendilerine yardımcı olacak başka programlar satın almaktadır. Oysa ofisin standart bir parçası olan Excel işletmelerin pek çok problemini çözebilecek kabiliyette bir programdır. Bu çalışmanın amacı doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan Simpleks yöntemin, ticari bir yazılım satın alınıp işletmede kullanılması yerine, zaten işletmelerde hemen hemen standart olarak kullanılan ofisin bir parçası olan Excel'de nasıl uygulanabileceğinin ortaya konmasıdır.

2. Simpleks Yöntem

Doğrusal programlama modellerinin çözümlerinin sistematik olarak araştırılmasında uygulanan Simpleks yöntemin ilk esaslarını George Bernard Dantzig oluşturmuştur. Dantzig'in 1947 yılında geliştirdiği bu yöntem Doğrusal Programlama konusundaki en büyük gelişmelerden biri olarak kabul edilmektedir. Daha sonraları Charnes, Cooper, Henderson ve diğerleri tarafından çeşitli varyasyonları geliştirilen bu metodun temel prensibi, optimum çözüme *ardışık yaklaşım (= iterasyon)* yolu ile ulaşmaktır.[1]

Doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan grafik yöntemi en fazla üç değişkenli problemlerin çözümünde elverişlidir. Uygulamada ise problemin değişkenleri çok daha fazla, dolayısıyla gerçek doğrusal programlama problemlerin çözümü simpleks yöntemi ile sağlanır. Yöntem cebirsel tekrarlama işlemine dayanır.[2]

Simpleks yöntem bir cebirsel yordamdır. Bununla birlikte, yöntemin temelini oluşturan düşünce geometriktir.[3] Simpleks Algoritması, modelin bir başlangıç temel uygun çözümünden (uç noktadan) başlayarak, karşı gelen amaç fonksiyonunun değerini de göz önüne alıp, ardışık sayısal işlemlerle en iyi çözümü araştıran bir yaklaşımdır. Algoritmayla, uygun çözüm alanının bir uç noktasından başlanarak, amaç fonksiyonunu istenen yöne götüren uç noktalar göz önüne alınıp, komşu bir uç noktaya geçilmektedir. Böylece, modelin tüm uç noktaları işleme girmediğinden, yoğun işlem yükü ortadan kalkmaktadır. Simpleks Algoritması, tek bir noktada en iyi çözüm, birden fazla uç noktada en iyi çözüm, sınırsız çözüm ve uygun çözüm alanı boş gibi karşılaşılabilir tüm durumlara da cevap vermektedir. Bunların yanı sıra, modelin yapısında veya parametrelerinde meydana gelebilecek muhtemel değişimlerin en iyi çözümü nasıl etkileyecekleri de, bu algoritmayla analiz edilebilmektedir.[4]

Simpleks Algoritması, belirli sayıda uygun çözüm üzerinde yoğunlaşarak optimumun yerini belirlemek üzere tasarlanmıştır. Yöntem daima uygun bir çözümle başlar ve sonra amaç fonksiyonunun daha da iyileştirildiği başka bir uygun temel çözüm aramaya başlar. Daha iyi

---

[1] Kobu, Bülent, İşletme Matematiği, Avcıol Basım Yayın, 6. Basım, İstanbul, 1997, s.537.

[2] Öztürk, Ahmet, Yöneylem Araştırması, Ekin Kitabevi, Bursa, 2002, s.73.

[3] Hillier, Frederick S. and Loberman, Gerald J., Introduction to Operations Research, McGraw Hill, NewYork 2001, p.109.

[4] Kara, İmdat, Doğrusal Programlama, Bilim Teknik Yayınevi, Ankara, 2000, s.56.

başka bir uygun temel çözüm ise, mevcut temeldeki değişkenlerden birinin sıfır olan değerinde bir artış olmasıyla mümkündür. Mevcut sıfır değerli değişkenin değerinin pozitif olabilmesi, mevcut temel değişkenlerden birinin temel çözümden çıkması ile mümkündür. Simpleks yöntemde seçilmiş olan sıfır değerli değişkene "çözüme giren değişken", çözüm dışı kalması istenen temel değişkene de "çıkan değişken" adı verilir.[5]

Simpleks yöntemi, problemlerin çözümünde uygulanırken, eşitsizlik sistemi eşitlik haline dönüştürülür. Bunun içinde aylak (slack) değişkenlerin eklenmesi veya çıkarılması gerekir.[6] Aylak değişkenlerin kısıtlayıcılarda katsayıları birdir. Amaç fonksiyonu etkilememeleri için bu değişkenlerin amaç fonksiyonunda katsayıları sıfırdır. Yani, sıfır fiyatlıdır. Bu nedenle amaç fonksiyonunda gösterilmezler. Aylak değişkenler diğer değişkenler gibi çözüme girer, fakat bunların değerleri, kullanılmayan kapasiteleri ve hammaddelerin miktarlarını gösterir.

Eşitlik halindeki kısıtlayıcılar problemin çözümünde zorluklar çıkarır. Çünkü kıt kaynakların tümünün kullanılması genellikle istenmez. Buna rağmen kullanılırsa, bunlara artık (boş) değişken ilave edilir. Bu değişkenler son çözüm tablosunda bulunmazlar.

Son çözüm tablosunda bulunmaması için, yani çözüm dışı bırakılmaları için bunların amaç fonksiyonundaki katsayıları, en küçükleme problemlerinde pozitif, en büyükleme problemlerinde ise negatif değerli olan ve amaç fonksiyonundaki değişkenlerin katsayılarından büyük bir sayı olmalıdır.[7]

Yukarıda kısaca açıklanan ve işletmelerin kantitatif karar vermelerinde önemli rol oynayan simpleks yöntemin hem klasik elle çözümü, hem yaygın olarak kullanılan ticari bir yazılım olan Lingo programıyla çözümü ve hem de bu çalışmada asıl vurgulanılmak istenen Excel çözümü ile ilgili örnek sunulmuştur. Bu çalışmada herhangi bir veri üzerine çalışma yapılması yerine yalnızca simpleks yöntemin Excel ile nasıl çözülebileceğinin otaya konması amaçlandığından bir model kurulmamış, yalnızca seçilen bir örnek problem üzerinde her üç yöntemde ayrı ayrı çözümü sunularak, aynı sonuçlara ulaşılabildiği gösterilmiştir.

Aşağıda verilen doğrusal programlama probleminin Simpleks yöntemle klasik çözümü;

Maksimizasyon $Z=2x_1+4x_2+6x_3$

Kısıtlayıcılar

$2x_1+3x_2+4x_3\leq 16$

$x_1+x_2+x_3\leq 10$

$2x_1+4x_2+8x_3\leq 24$

ve

$x_1,x_2,x_3\geq 0$

Standart şekilde problemin yazımı

Maksimizasyon Z= $Z=2x_1+4x_2+6x_3+0S_1+0S_2+0S_3$

Kısıtlayıcılar

$2x_1+3x_2+4x_3+S_1=16$

$x_1+x_2+x_3+S_2=10$

$2x_1+4x_2+8x_3+S_3=24$

ve

$x_1,x_2,x_3,S_1,S_2,S_3\geq 0$

[5] Taha, Hamdy A., Yöneylem Araştırması, Literatür Yayınları, İstanbul, 2007, s.74.

[6] Aylak Değişken = Slack variable, Yapay Değişken (Suni Değişken)=Artificial variable, Artık Değişken(Boş Değişken)=Surplus variable

[7] Esin, Alptekin, Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri, Gazi Kitabevi, Ankara, 1988, ss:112–113.

Tablo 1. Başlangıç Simpleks Tablosu

Amaç Katsayısı	C_i Temel Değişken	2 x_1	4 x_2	6 x_3	0 S_1	0 S_2	0 S_3	**Çözüm**
0	S_1	2	3	4	1	0	0	16
0	S_2	1	1	1	0	1	0	10
0	S_3	2	4	8	0	0	1	24*
Z_i		0	0	0	0	0	0	0
C_i-Z_i		2	4	6*	0	0	0	0

Anahtar Sütun C_j-Z_j satırındaki en büyük değer olan 6'nın bulunduğu X_3'tür.
Anahtar Satır için:
16/4=4
10/1=10
24/8=3
Anahtar satır en küçük değer olan 3'ün bulunduğu S_3 'tür ve Pivot 8'dir.
$X_3(S_3)$

2/8	4/8	8/8	0/8	0/8	1/8	24/8
0,25	0,5	1	0	0	0,125	3

S_1	**S_2**	**C_j-Z_j**
2-4x*0,25=**1**	1-1x0,25=**0,75**	2-6x0,25=**0,5**
3-4x0,5=**1**	1-1x05=**0,5**	4-6x0,5=**1**
4-4x1=**0**	1-1x1=**0**	6-6x1=**0**
1-4x0=**1**	0-1x0=**0**	0-6x0=**0**
0-4x0=**0**	1-1x0=**1**	0-6x0=**0**
0-4x0,125=**-0,5**	0-1x0,125=**-0,125**	0-6x0,125=**-0,75**
16-4x3=**4**	10-1x3=**7**	0-6x3=**-18**

Tablo 2.Birinci Simpleks Çözüm Tablosu

Amaç Katsayısı	C_i Temel Değişken	2 x_1	4 x_2	6 x_3	0 S_1	0 S_2	0 S_3	**Çözüm**
0	S_1	1	1	0	1	0	-0,5	4*
0	S_2	0,75	0,5	0	0	1	-0,125	7
6	X_3	0,25	0,5	1	0	0	0,125	3
Z_i		0	0	0	0	0	0	0
C_i-Z_i		0,5	1*	0	0	0	-0,75	-18

Anahtar Sütun C_j-Z_j satırındaki en büyük değer olan 1'in bulunduğu X_2'dir.
Anahtar Satır için:
4/1=4
7/0,5=14
3/0,5=6
Anahtar satır en küçük değer olan 4'ün bulunduğu S_1'dir ve Pivot 1'dir.
$X_2(S_3)$

1/1	1/1	0/1	1/1	0/1	-0,5/1	4/1
1	1	0	1	0	-0,5	4

S_2	**X_3**	**C_j-Z_j**
0,75-0,5x*1=**0,25**	0,25-0,5x1=**-0,25**	0,5-1x1=**-0,5**
0,5-0,5x1=**0**	0,5-0,5x0=**0**	1-1x1=**0**
0-0,5x0=**0**	1-0,5x0=**1**	0-1x0=**0**
0-0,5x1=**-0,5**	0-0,5x1=**-0,5**	0-1x1=**0**
1-0,5x0=**1**	0-0,5x0=**0**	0-1x0=**-1**
-0,125-0,5x-0,5=**0,125**	0, 0,5-1x-0,5=**0,375**	-0,75—0,5x0,125=**0**
7-0,5x4=**5**	3-0,5x4=**1**	-18-1x4=**-22**

Tablo 3.İkinci Simpleks Çözüm Tablosu

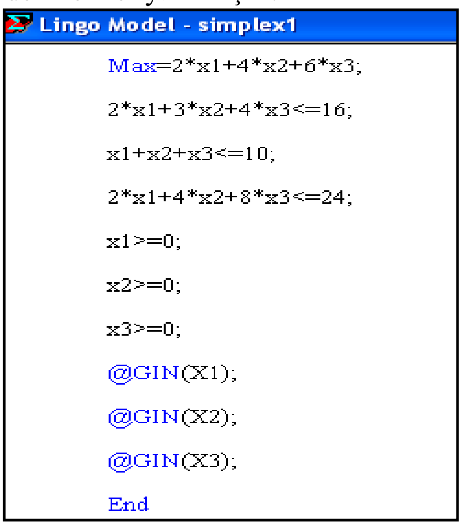
Amaç Katsayısı	C_i Temel Değişken	2 x_1	4 x_2	6 x_3	0 S_1	0 S_2	0 S_3	**Çözüm**
4	X_2	1	1	0	1	0	-0,5	4
0	S_2	0,25	0	0	-0,5	1	0,125	5
6	X_3	-0,25	0	1	-0,5	0	0,375	1
Z_i		0	0	0	0	0	0	0
C_i-Z_i		-0,5	0	0	0	-1	0	-22

İkinci Simpleks çözüm tablosunda C_j-$Z_j \leq 0$ olduğundan optimal çözümü veren tablodur. Buna göre Optimal çözüm:

X_2=4
S_2=5
X_3=1
Maksimum Z=22'dir.

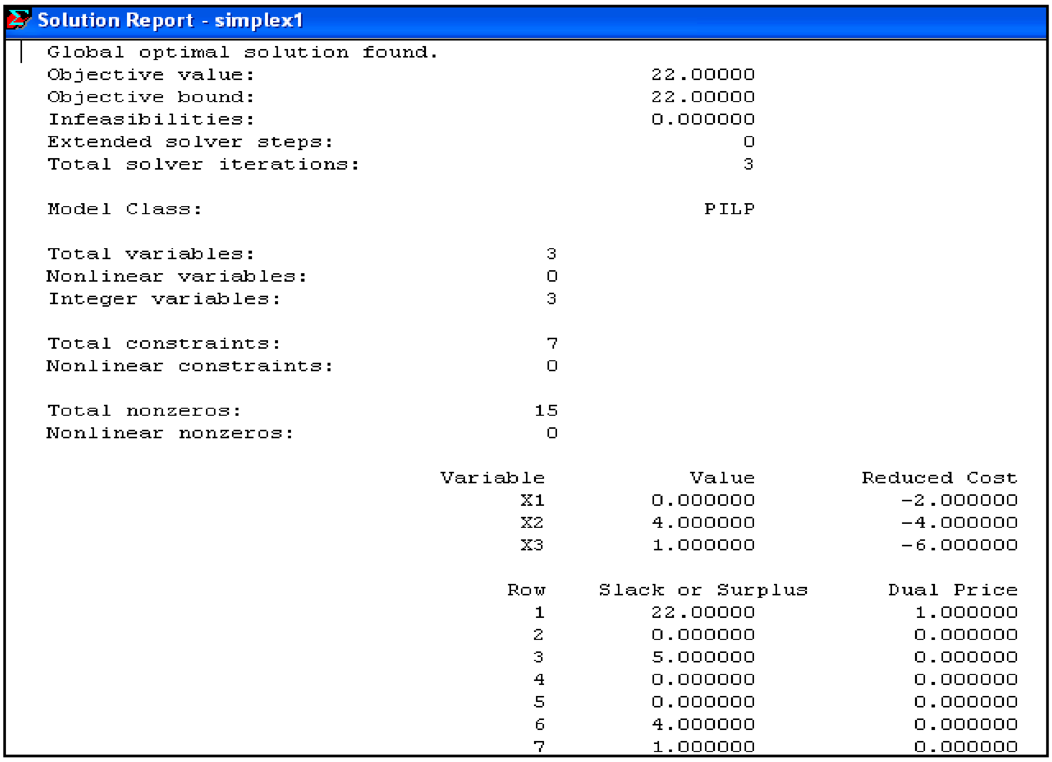
3. Lingo ile Çözümü

Aynı problem ticari bir yazılım olan Lingo ile çözümü ise izleyen biçimde verilmiştir. Önce formata uygun olarak şekil 1'deki gibi sırasıyla amaç fonksiyonun denklemi, kısıtlayıcı denklemler ve pozitif kısıtlayıcı denklemler yazılmıştır.



Şekil 1. Lingo'da denklemlerin Yazılması

Çöz düğmesinin onaylanması ile şekil 2'deki sonuçlara ulaşılmıştır.



Solution Report - simplex1

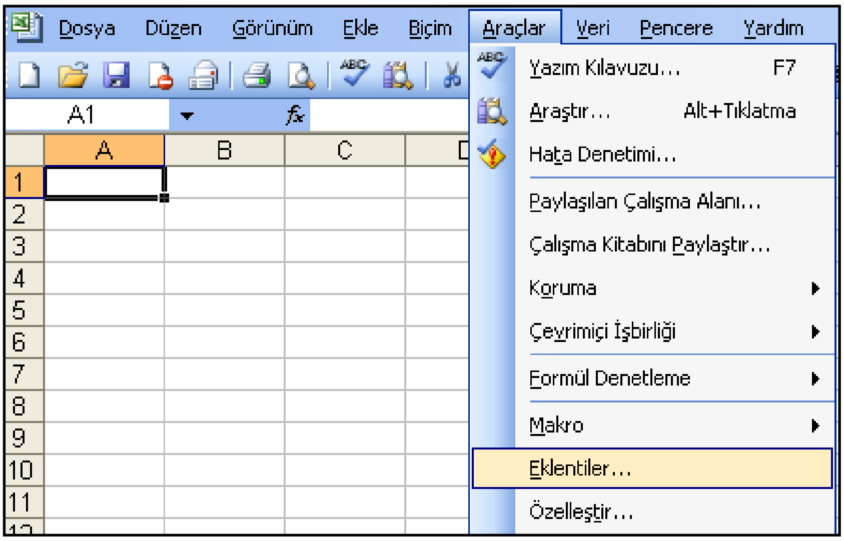
```
Global optimal solution found.
Objective value:                              22.00000
Objective bound:                              22.00000
Infeasibilities:                              0.000000
Extended solver steps:                               0
Total solver iterations:                             3

Model Class:                                      PILP

Total variables:                  3
Nonlinear variables:              0
Integer variables:                3

Total constraints:                7
Nonlinear constraints:            0

Total nonzeros:                  15
Nonlinear nonzeros:               0

                        Variable           Value        Reduced Cost
                              X1        0.000000           -2.000000
                              X2        4.000000           -4.000000
                              X3        1.000000           -6.000000

                             Row    Slack or Surplus      Dual Price
                               1        22.00000            1.000000
                               2        0.000000            0.000000
                               3        5.000000            0.000000
                               4        0.000000            0.000000
                               5        0.000000            0.000000
                               6        4.000000            0.000000
                               7        1.000000            0.000000
```

Şekil 2. Lingo Çözüm Raporu

X_2=4, X_3=1 ve Maksimum Z=22 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar klasik çözüm ile aynıdır.

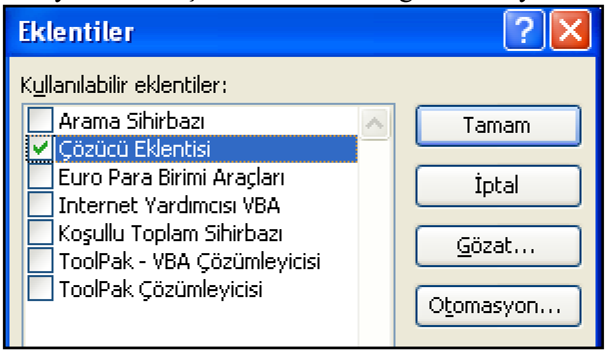
4. Excel Çözümü

Excel'de doğrusal programlama problemlerinin çözümü için öncelikle çözücü (solver) eklentisinin aktif hale getirilmesi gerekir. Bunun Şekil.1'de de görüldüğü gibi Araçlar menüsünden Eklentiler tıklanır.



Şekil 3. Araçlar menüsü ve Eklentiler

Eklentiler tıklandıktan sonra Şekil.2'de görüldüğü gibi eklentiler penceresi açılacaktır. Buradan Çözücü Eklentisi onay kutusu seçilerek Tamam düğmesi onaylanır.



Şekil 4. Excel Çözücüsün Aktifleştirilmesi

Çözücü eklentisi aktif hale getirildikten sonra Excel çalışma sayfasında uygun hücrelere fonksiyonun amaç ve kısıtlayıcı denklemleri yerlerine yazılabilir. Şekil.5'teki gibi denklemlerde kullanılan her bir değişken için, Excel'de de bir değişken tanımlanır ve başlangıç değerleri için tümünün altına 0 (sıfır) değeri atanır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	X_1	X_2	X_3	S_1	S_2	S_3				
2	0	0	0	0	0	0				
3										
4	Amaç	$Kıs_1$	$Kıs_2$	$Kıs_3$	PK_1	PK_2	PK_3	PK_4	PK_5	PK_6
5										

Şekil 5. Değişkenlerin Tanımlanması

Değişken tanımlama işleminden sonra her bir fonksiyonun yerlerine yazılması gerekir. Şekil 5'te belirtilen alan tanımlarına göre A5 hücresine izleyen biçimde amaç fonksiyonu yazılır.

4	Amaç
5	=2*A2+4*B2+6*C2+0*D2+0*E2+0*F2

B5 hücresine izleyen biçimde Birinci kısıtlayıcı fonksiyon yazılır.

Kıs1

=2*A2+3*B2+4*C2+1*D2-16

C5 hücresine izleyen biçimde İkinci kısıtlayıcı fonksiyon yazılır.

Kıs2

=A2+B2+C2+1*E2-10

D5 hücresine izleyen biçimde Üçüncü kısıtlayıcı fonksiyon yazılır.

Kıs3

=2*A2+4*B2+8*C2+1*F2-24

Pozitif Kısıtlayıcılar da izleyen biçimdeki gibi girilir.

Pozitif $Kısıtlama_1$

PK1

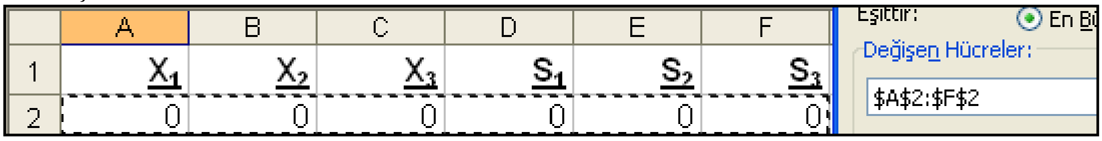
=A2

Bütün fonksiyon ve kısıtlayıcı değişkenler yerlerine yazıldıktan sonra amaç fonksiyonunun bulunduğu hücre aktif hücre olarak belirlenmeli (Şekil 5 göre A5 hücresi) ve

Araçlar menüsünden Çözücü seçilmelidir. Çözücü seçildiği anda aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi hedef hücre amaç fonksiyonun bulunduğu hücre olarak yansıyacaktır.

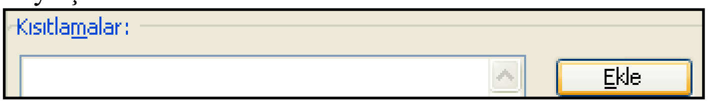
Şekil 6.Hedef Hücre Seçimi

Hedef hücre tespitinden sonra sıra değişecek hücrelere gelecektir. Buradaki amaç her bir X değişkeninin değerini bulmak olduğuna göre şekil 7'de olduğu gibi A2'den F2'ye kadar olan alanlar seçilmelidir.



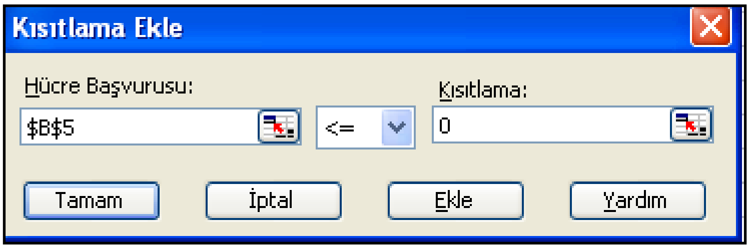
Şekil 7. Değişecek Hücreler

Değişecek hücrelerin eklenmesinden sonra kısıtlayıcılar da Çözücü parametrelerine eklenmelidir. Şekil 8'da görüldüğü gibi, Ekle düğmesi tıklanırsa her bir kısıtlayıcının seçime imkân veren alanlar ortaya çıkacaktır.



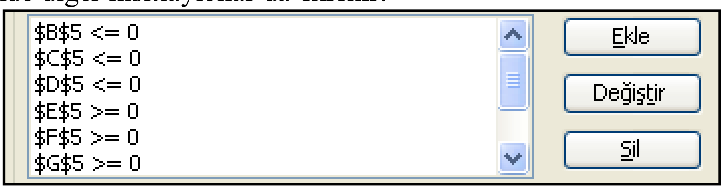
Şekil 8. Kısıtlayıcılar için Ekle Düğmesi

Birinci kısıtlayıcı denklem mantıksal işleve (<=) dikkat edilerek uygun biçimde eklenmelidir.



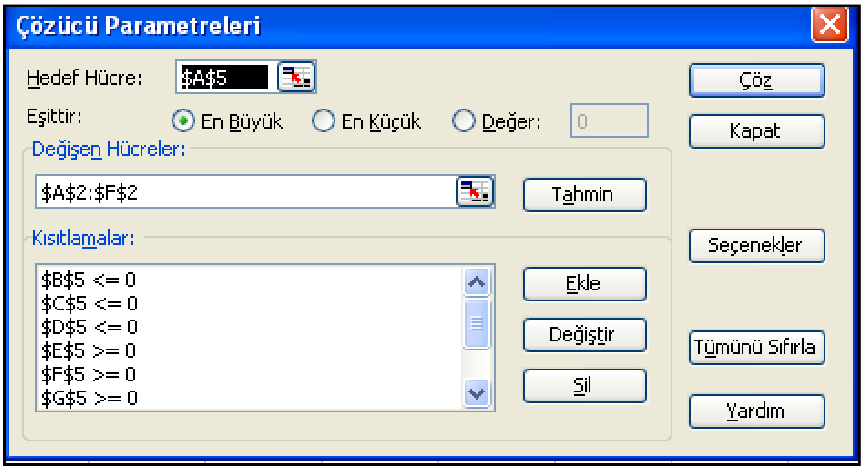
Şekil 9. Birinci Kısıtlayıcının Eklenmesi

Benzer biçimde diğer kısıtlayıcılar da eklenir:



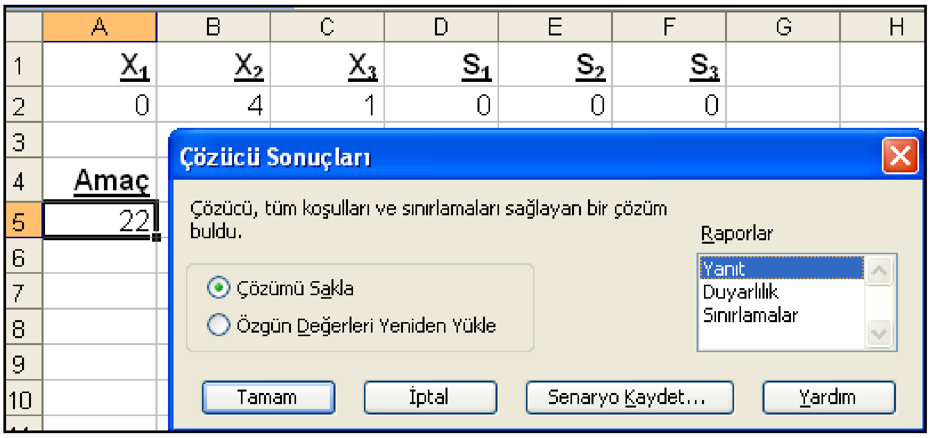
Şekil 10.Kısıtlayıcıların Eklenmesi

Amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcı denklemler yerine yazıldıktan sonra şekilde Şekil 11'de görülen Çöz düğmesi tıklanır ve böylece çözüme ulaşılmış olur.



Şekil 11. Çözücü Parametreleri ve Çöz Düğmesi

Çöz düğmesinin tıklanmasından sonra şekil.10'daki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 2. Çözüm Sonuçları

Aşağıdaki örnekte ise simpleks yöntemin minimizasyon örneğinin Excel çözümü verilmiştir.

Minimizasyon $Z=16x_1+10x_2+24x_3$

Kısıtlayıcılar

$2x_1+x_2+2x_3\geq 2$

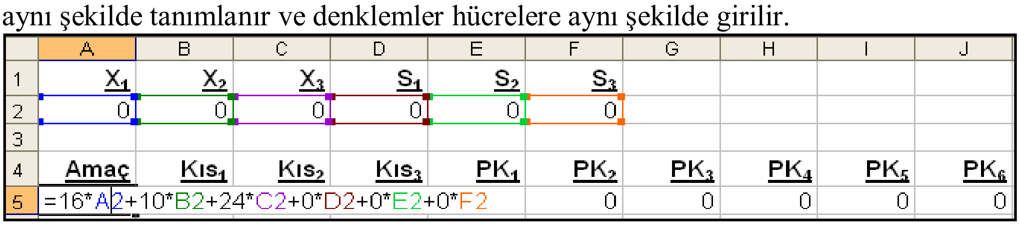
$3x_1+x_2+4x_3\geq 4$

$4x_1+x_2+8x_3\geq 6$

ve

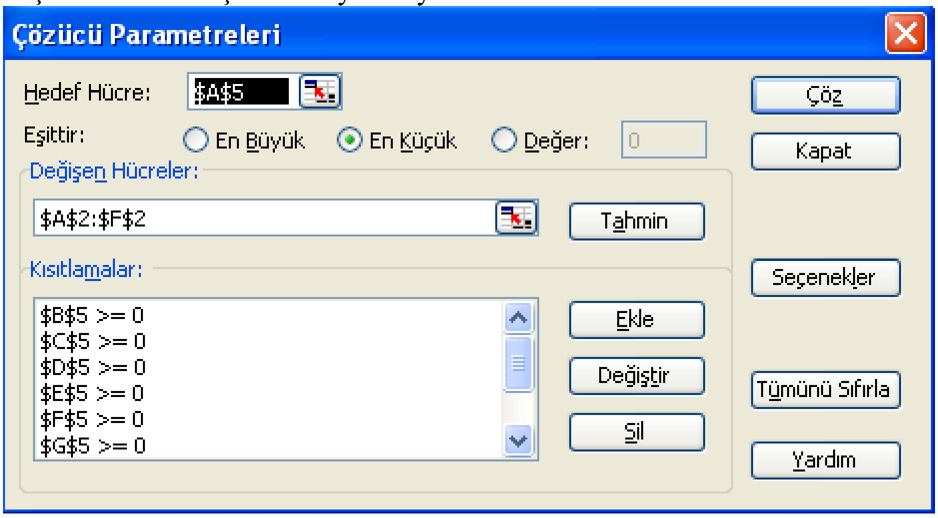
$x_1,x_2,x_3\geq 0$

Simpleks yöntemin maksimizasyon örneğinde olduğu gibi minimizasyonda da hücreler aynı şekilde tanımlanır ve denklemler hücrelere aynı şekilde girilir.



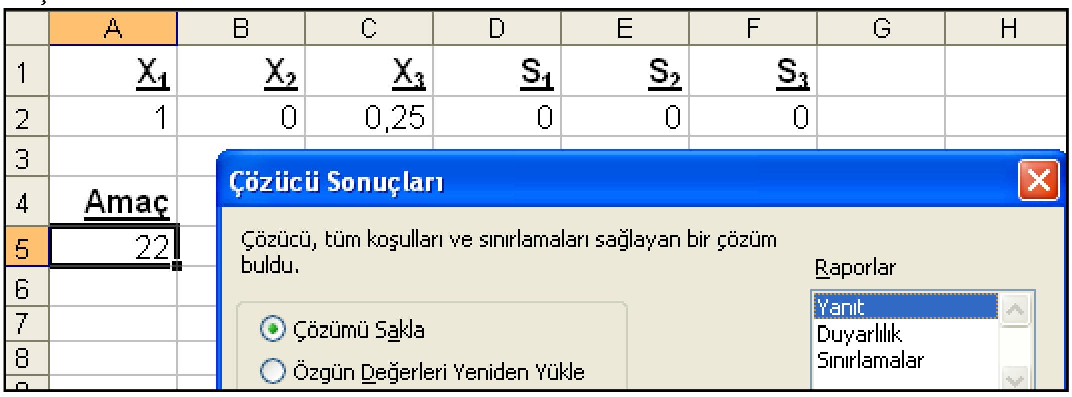
Şekil 3. Değişkenlerin Tanımlanması

Amaç denklemi, kısıtlayıcılar ve pozitif kısıtlayıcılar ilgili hücrelere yazıldıktan sonra amaç fonksiyonun bulunduğu hücre aktif hücre olarak belirlenir ve Çözücü seçilir. Şekil 14'de görüldüğü gibi **En Küçük** radyo düğmesi işaretlenir ve kısıtlayıcı denklemlerin yazıldığı hücreler seçildikten sonra işaretlerin yönü ayarlanır.



Şekil 4. Çözücü Parametrelerinin Girilmesi

Gerekli seçimler yapıldıktan sonra **Çöz** düğmesi onaylanır ve Şekil 15'teki sonuçlara ulaşılır.



Şekil 5. Minimizasyon Çözüm Sonuçları

5. Sonuç

Klasik olarak hesaplanan Tablo 4'teki çözüm tablosu, ticari bir yazılım olan Lingo ile hesaplanan Şekil 2'deki çözüm raporu ve Excel ile hesaplanan Şekil 12'deki hücre değerlerindeki sonuçlardan anlaşılacağı gibi maksimizasyon çözümünde X_2=4, X_3=1 ve Z=22 olarak bulunmuştur. Benzer şekilde Şekil 15'teki hücrelerdeki sonuç değerlerinden anlaşılacağı gibi minimizasyon çözümünde X_1=1, X_3=0,25 ve Z=22 olarak bulunmuştur. Maksimizasyon örneğinde hem klasik olarak elle yapılan çözümde, hem Lingo ile elde edilen çözümde ve hem de Excel ile yapılan çözümde aynı sonuca ulaşılmıştır. Minimizasyon örneğinde kullanılan denklemler, maksimizasyon örneğindeki denklemin dualidir ve dolayısıyla aynı sonuca ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan da anlaşıldığı gibi, doğrusal programlamada kullanılan simpleks yöntem, ayrıca bir ticari yazılıma gerek duyulmaksızın Excel ile rahatlıkla çözülebilir.

KAYNAKÇA

ALAN, M. Ali ve YEŞİLYURT, Cavit, **Doğrusal Programlama Problemlerinin Excel ile Çözümü**, İİBF Dergisi, 2004, Cilt:5, Sayı:1, ss:151–162.

DOĞAN, İbrahim, **Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları**, Bilim Teknik Yayınları, İstanbul, 1995.

ESİN, Alptekin, **Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri,** Ankara, 1988.

HALAÇ, Osman, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneyle Araştırması)**, Alfa Basım Yayım Dağıtım, 4. Baskı, İstanbul, 1995.

HİLLİER Frederick S. And LİEBERMAN Gerald J., **Introduction To Operations Research**, Seventh Edition, Mc Graw Hill, New Yok, 2001.

KARA, İmdat, **Doğrusal Programlama**, Bilim Teknik Yayınevi, Ankara, 2000.

KOBU, Bülent, **İşletme Matematiği**, , Avcıol Basım Yayın, İstanbul, 1997.

TAHA, Hamdy A. **Yöneylem Araştırması** (Çev: Ş.Alp Boray-Şakir Esnaf) Literatür Yayınları, İstanbul, 2007

ÖZTÜRK, Ahmet, **Yöneylem Araştırması**, Ekin Kitabevi, Bursa, 2002.

WATERS, Donald, **Quantative Methods for Business**, Second Edition, Universty Of Calgary, Addison-Wesley Longman Publishing Company, New York, 1997.

YAVUZ, Uğur, Excel 97, Atatürk Üniversitesi Yayın No:214, Erzurum, 1999.