

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

GAMS Kurulumu ve Temel Özellikleri *GAMS ile Modellemeye Giriş, Örnek Problemler*

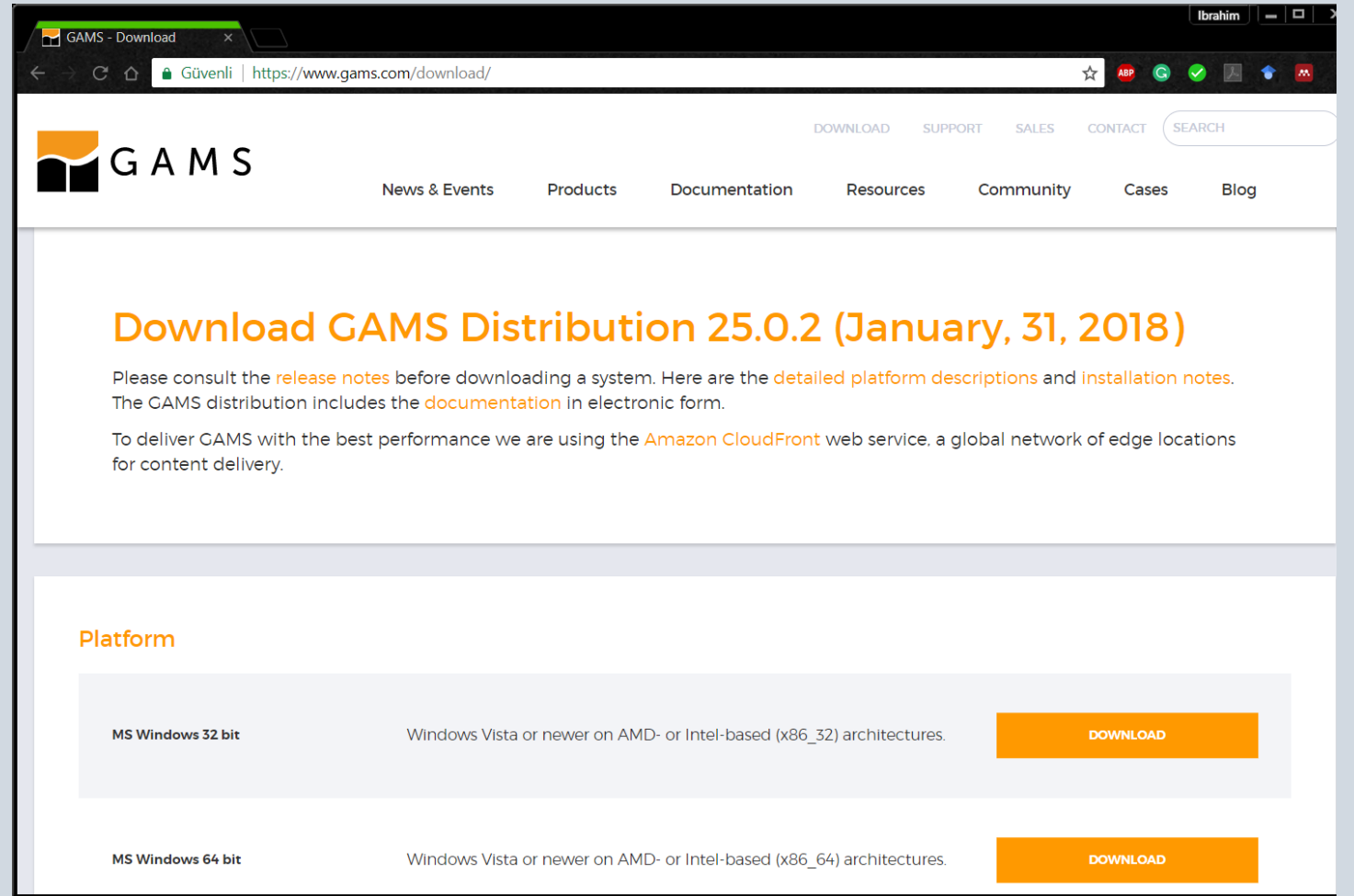
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Küçükkoç

<http://ikucukkoc.baun.edu.tr>

ikucukkoc@balikesir.edu.tr

GAMS Programının İndirilmesi:

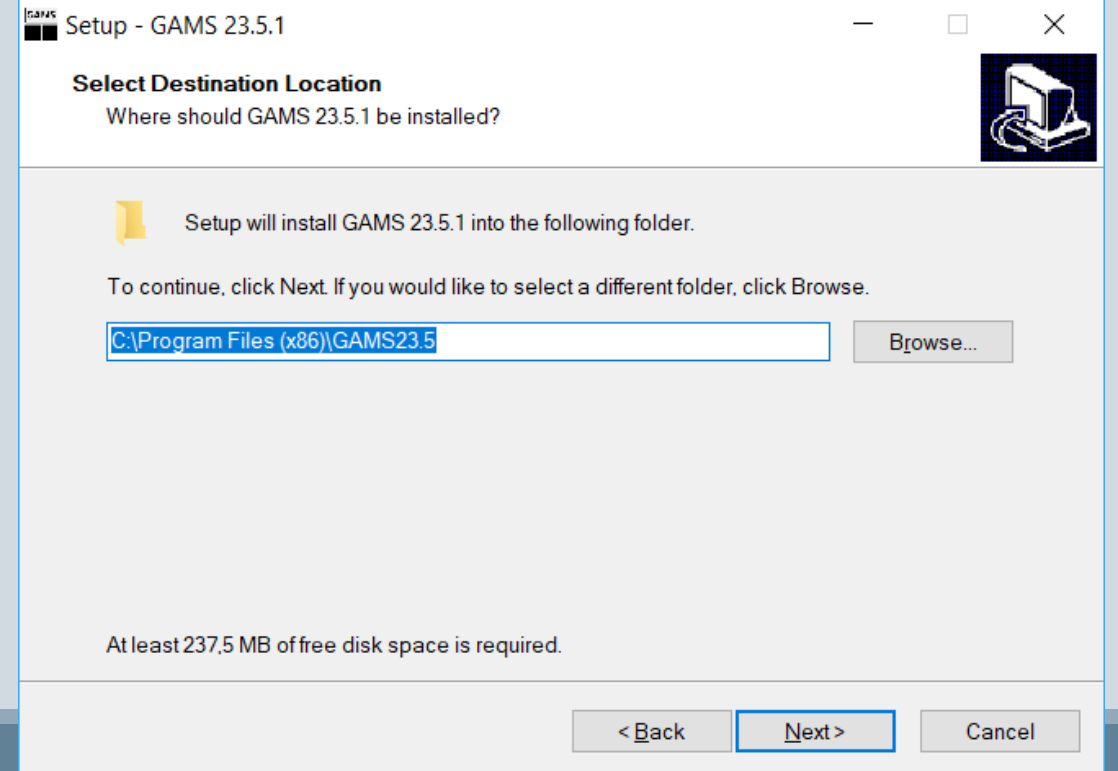
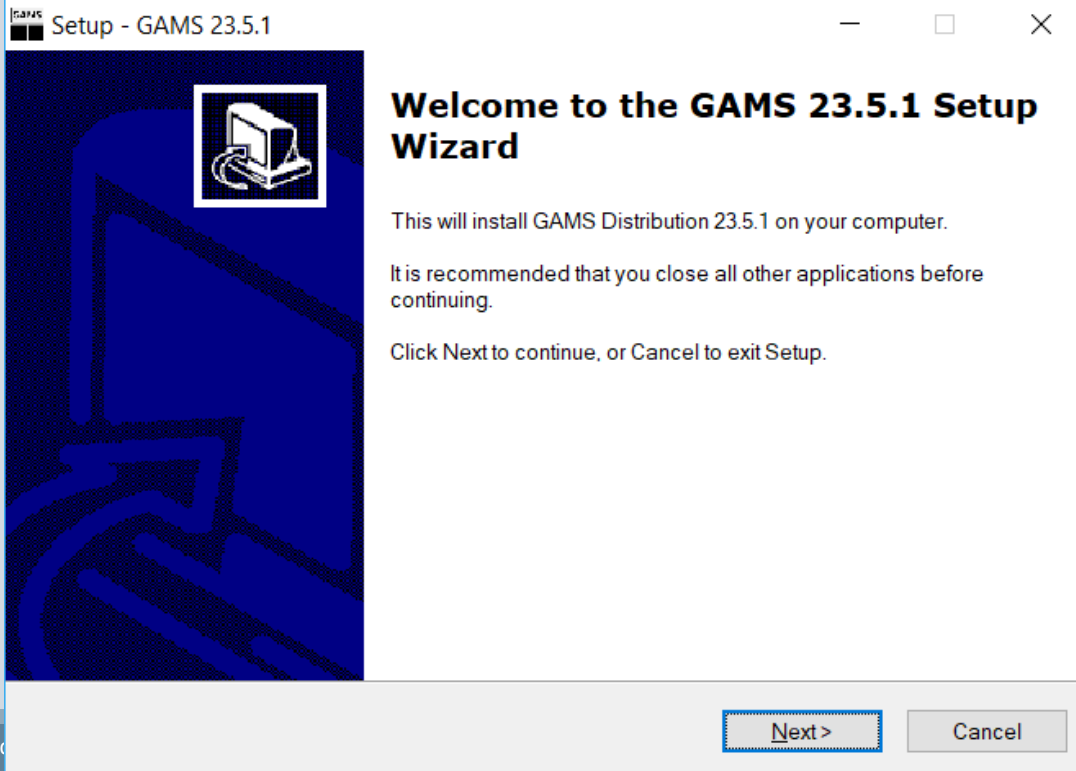
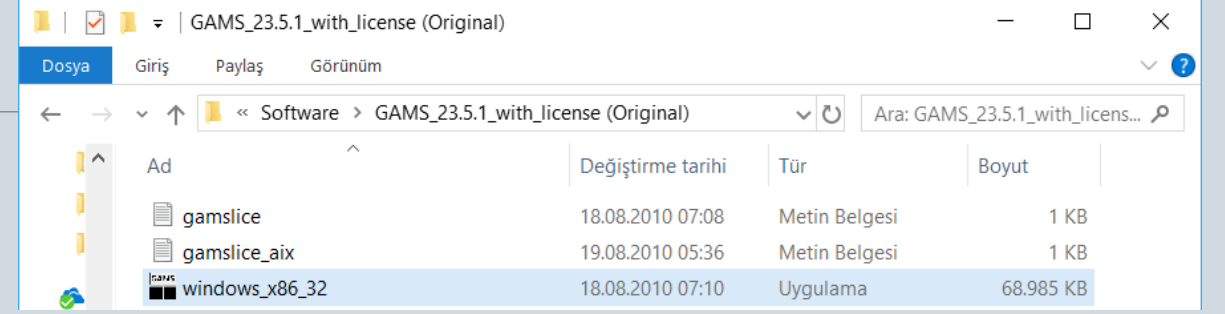
<https://www.gams.com/download>



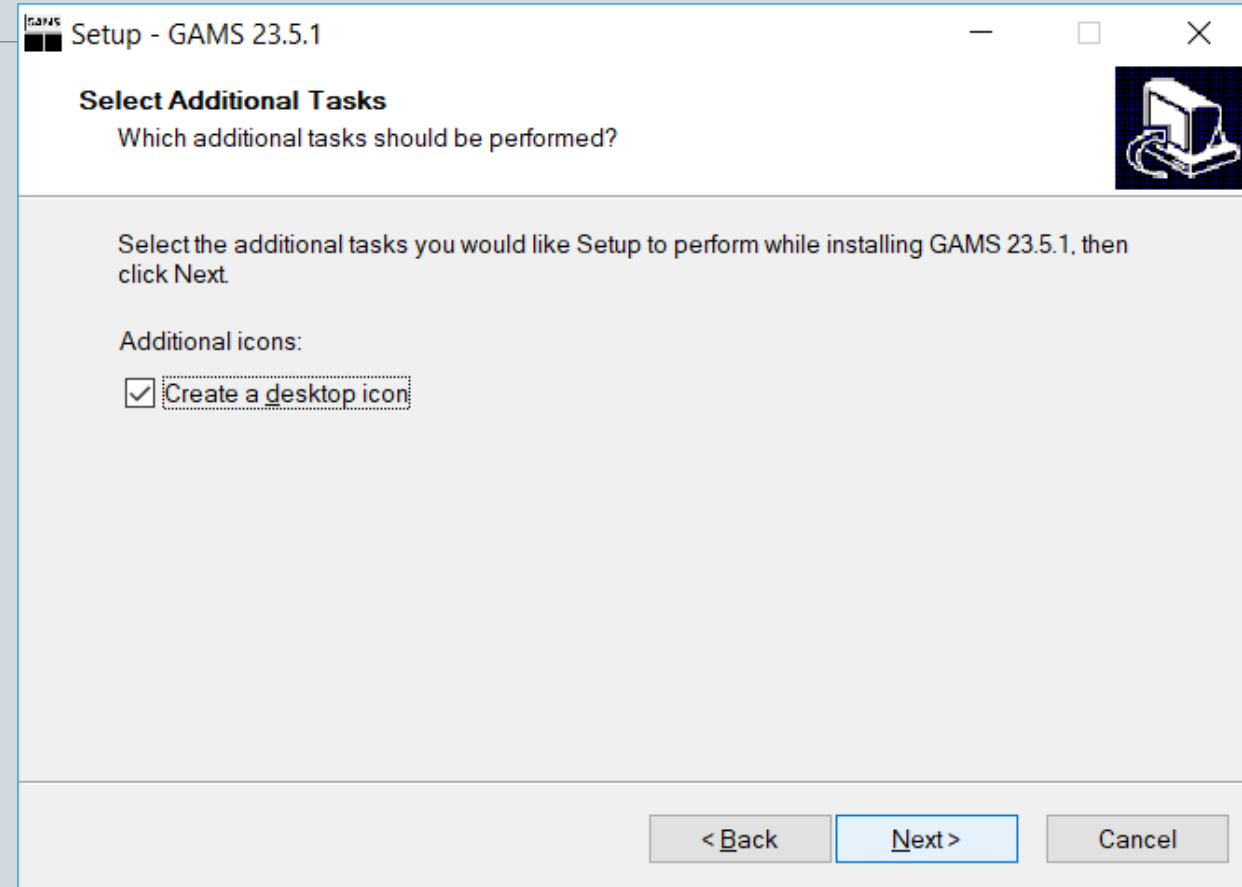
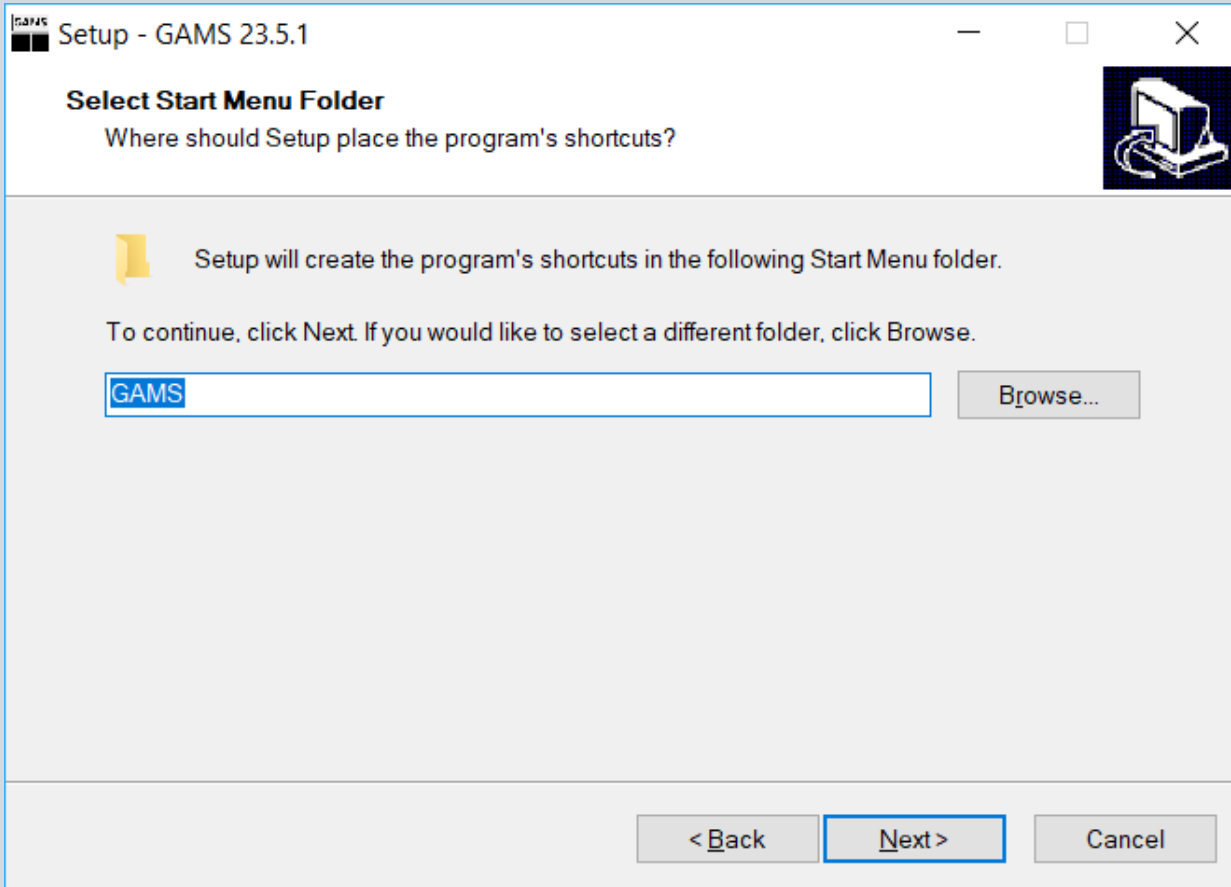
Yukarıda görüldüğü gibi programın deneme sürümünü ücretsiz olarak indirerek kullanabilirsiniz. Ayrıca satın alma olanakları da mevcuttur.

GAMS Kurulumu

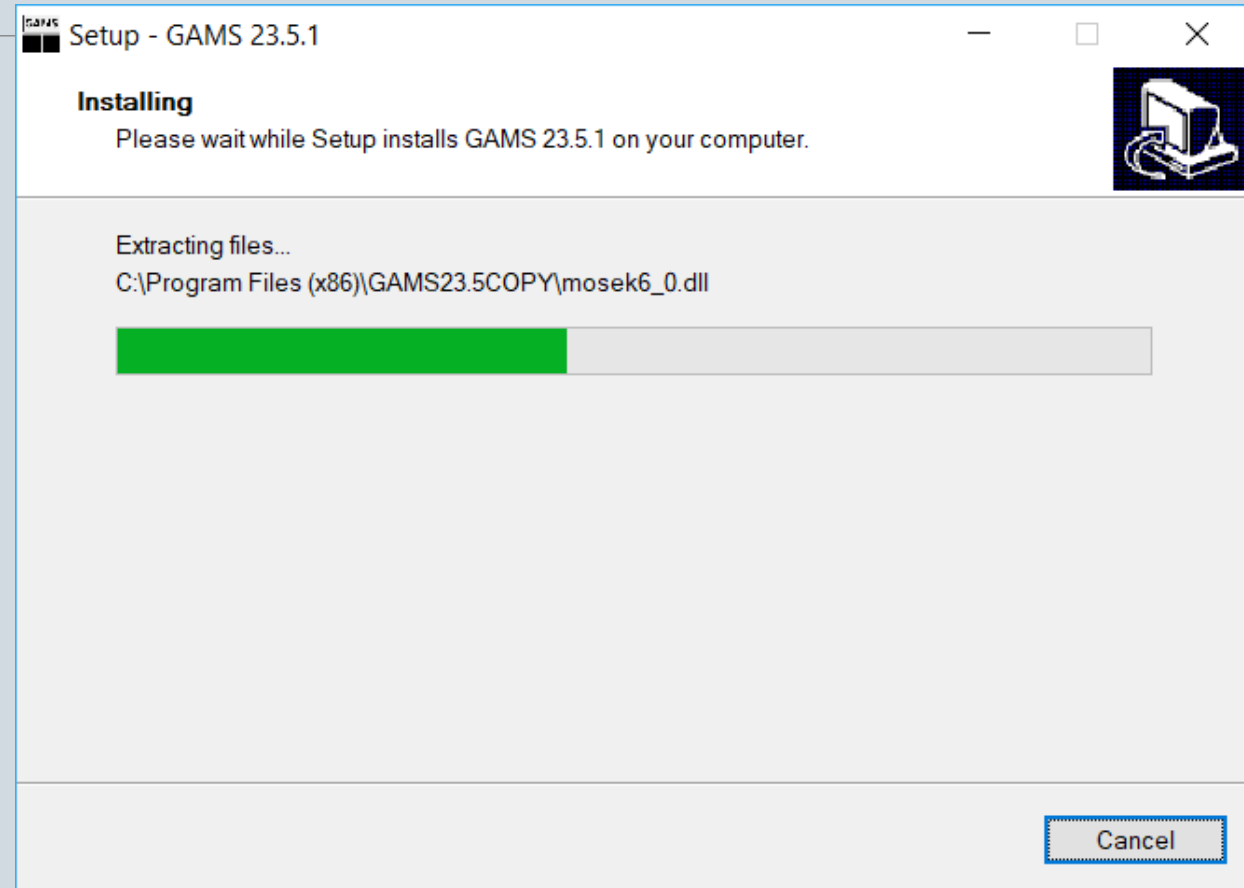
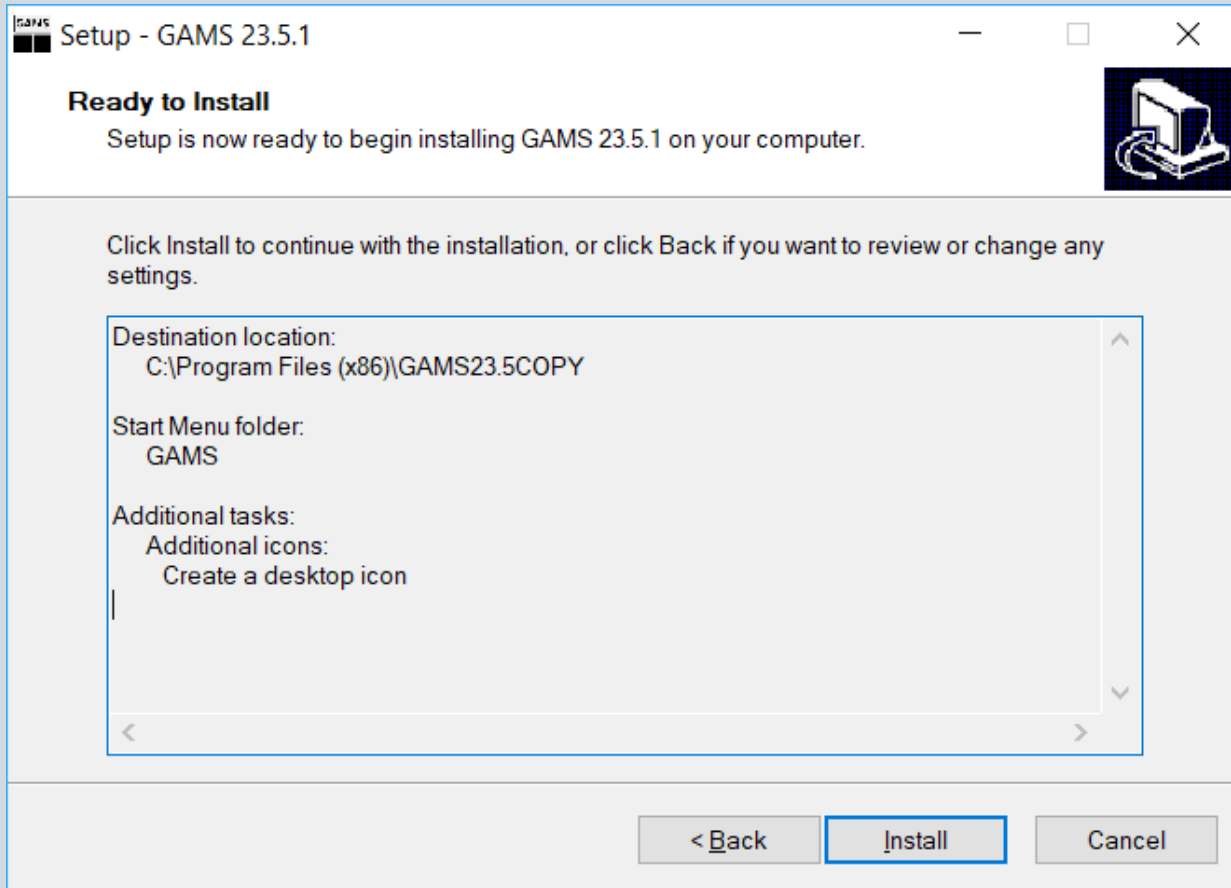
İndirilen kurulum dosyası tıkla-çalıştır yapılarak basitçe kurulur.



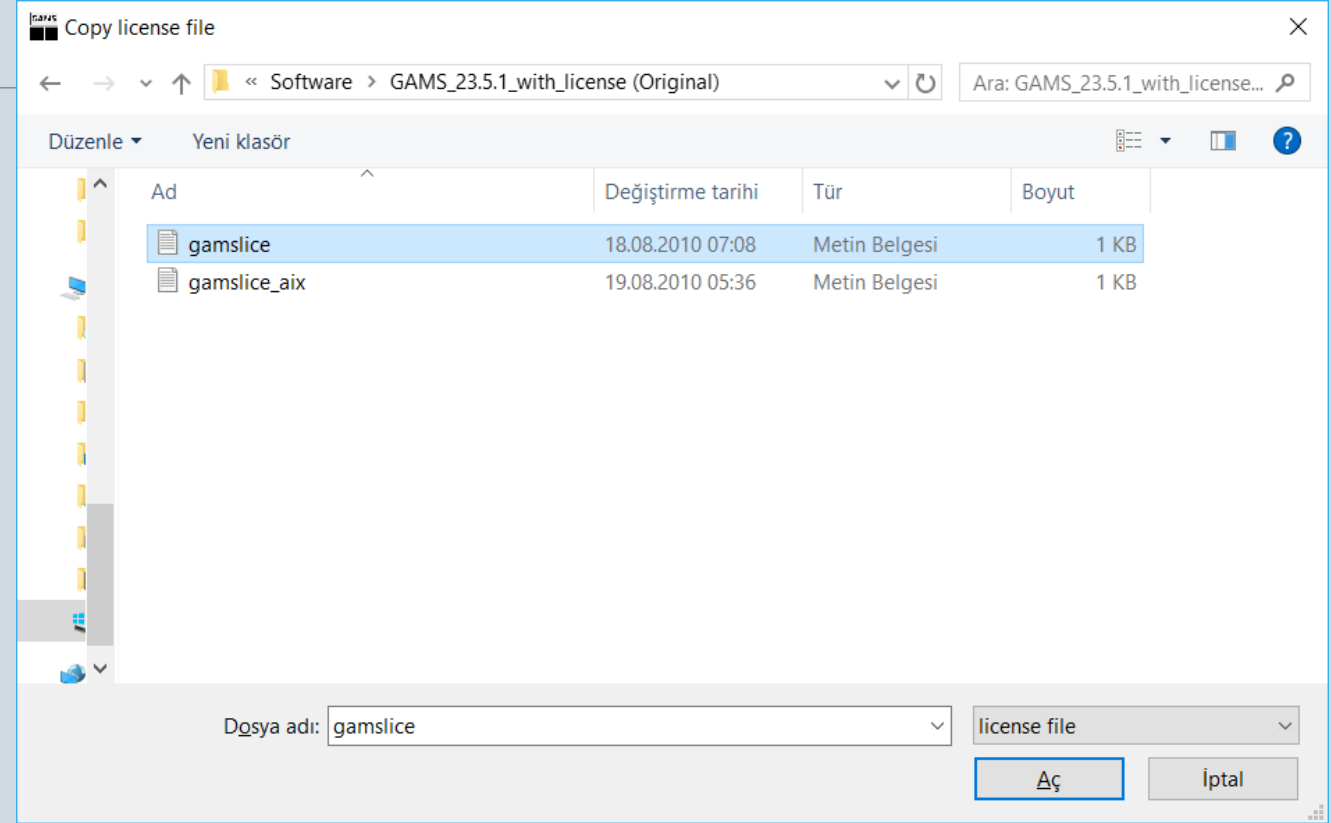
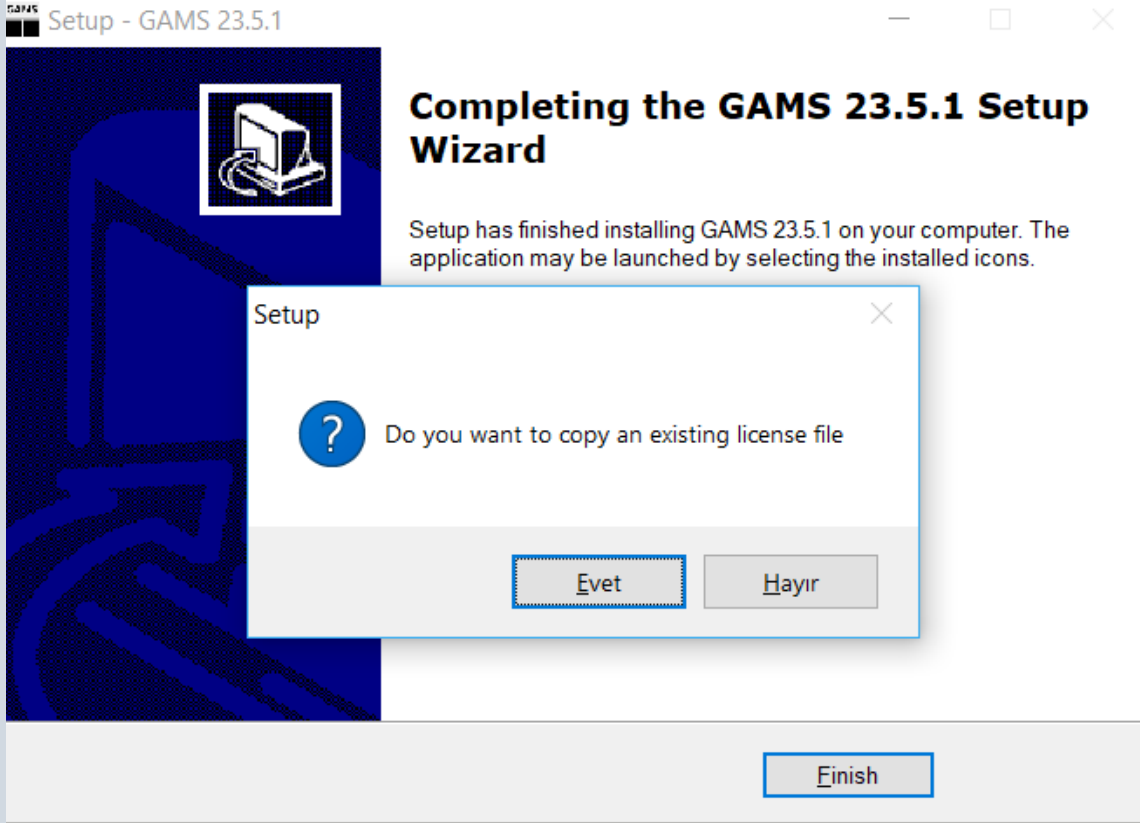
GAMS Kurulumu



GAMS Kurulumu

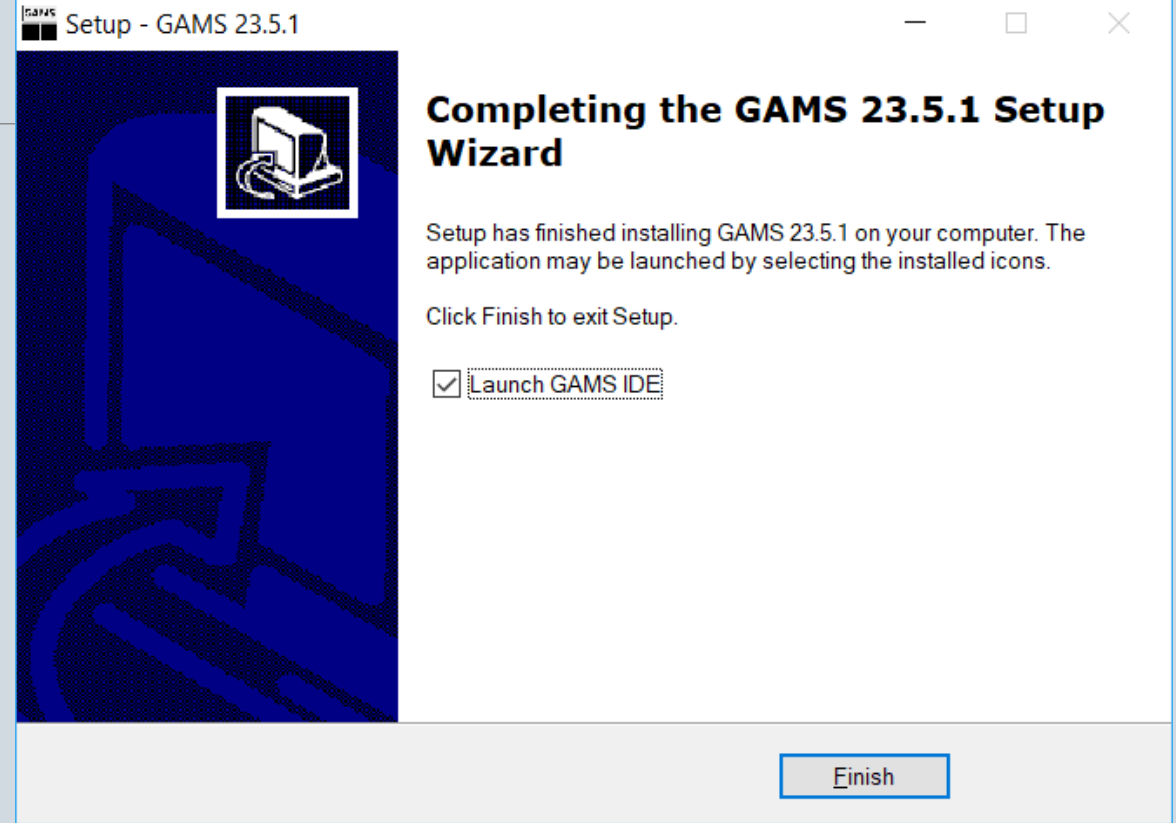
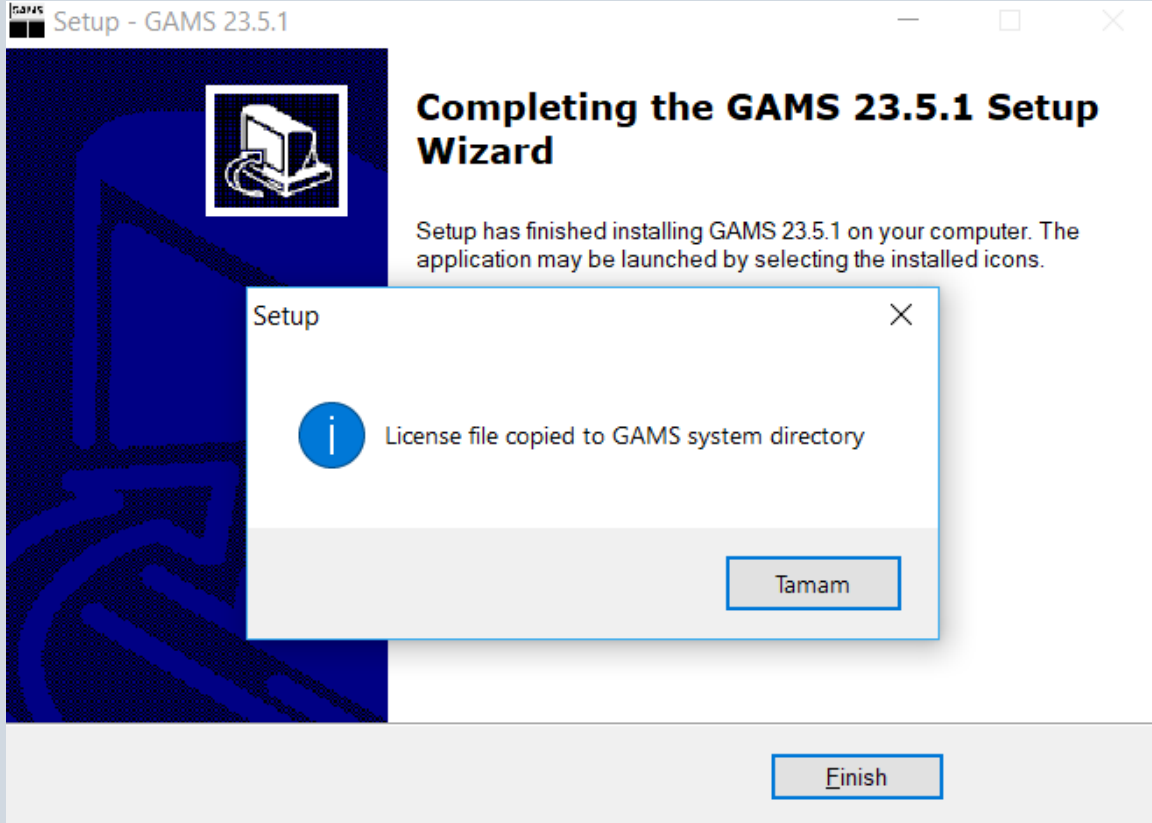


GAMS Kurulumu



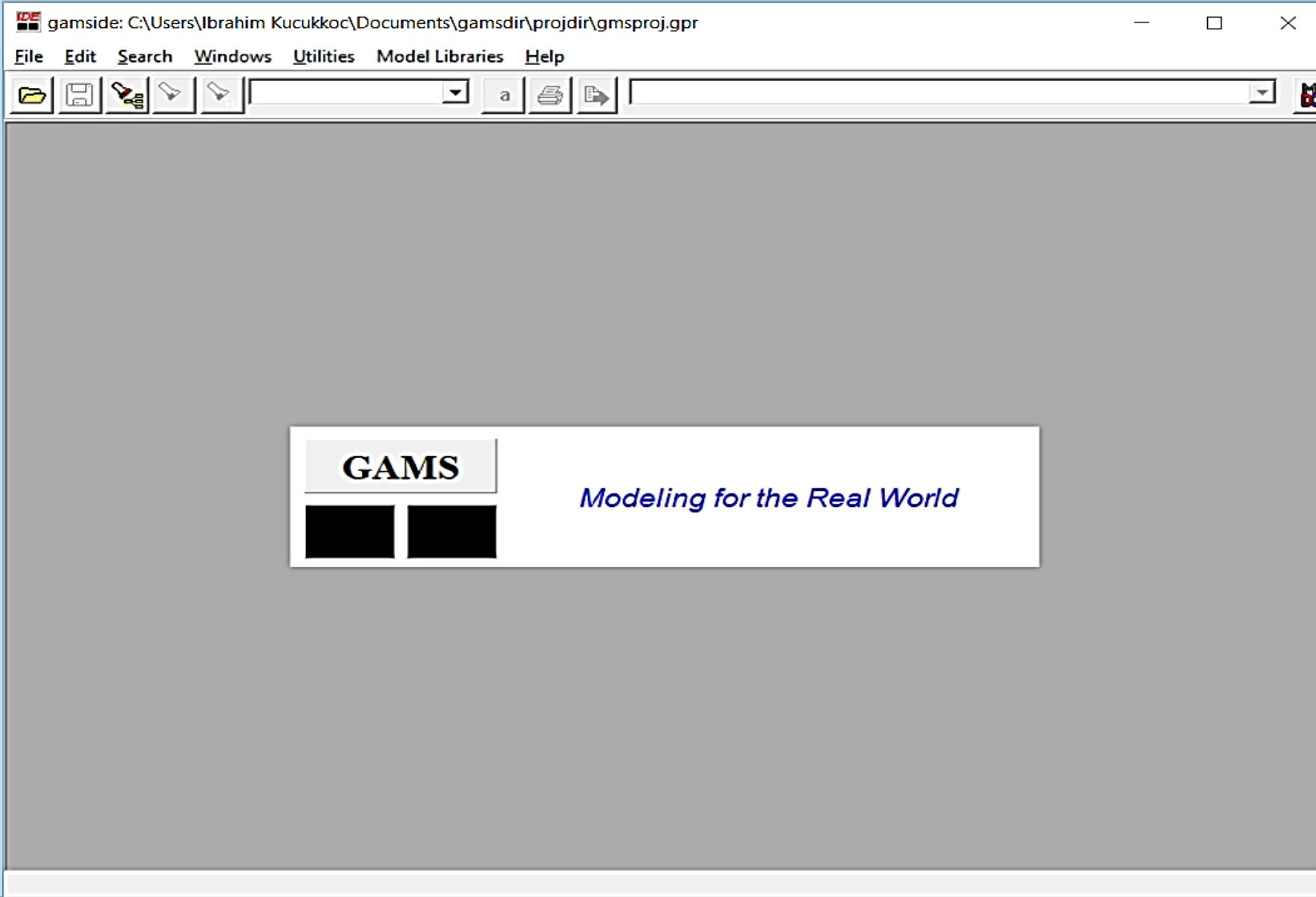
Şayet bir lisans dosyanız var ise, kurulum tamamlandıktan sonra lisans dosyasının yolu gösterilerek programın lisansı yapılmış olur.

GAMS Kurulumu



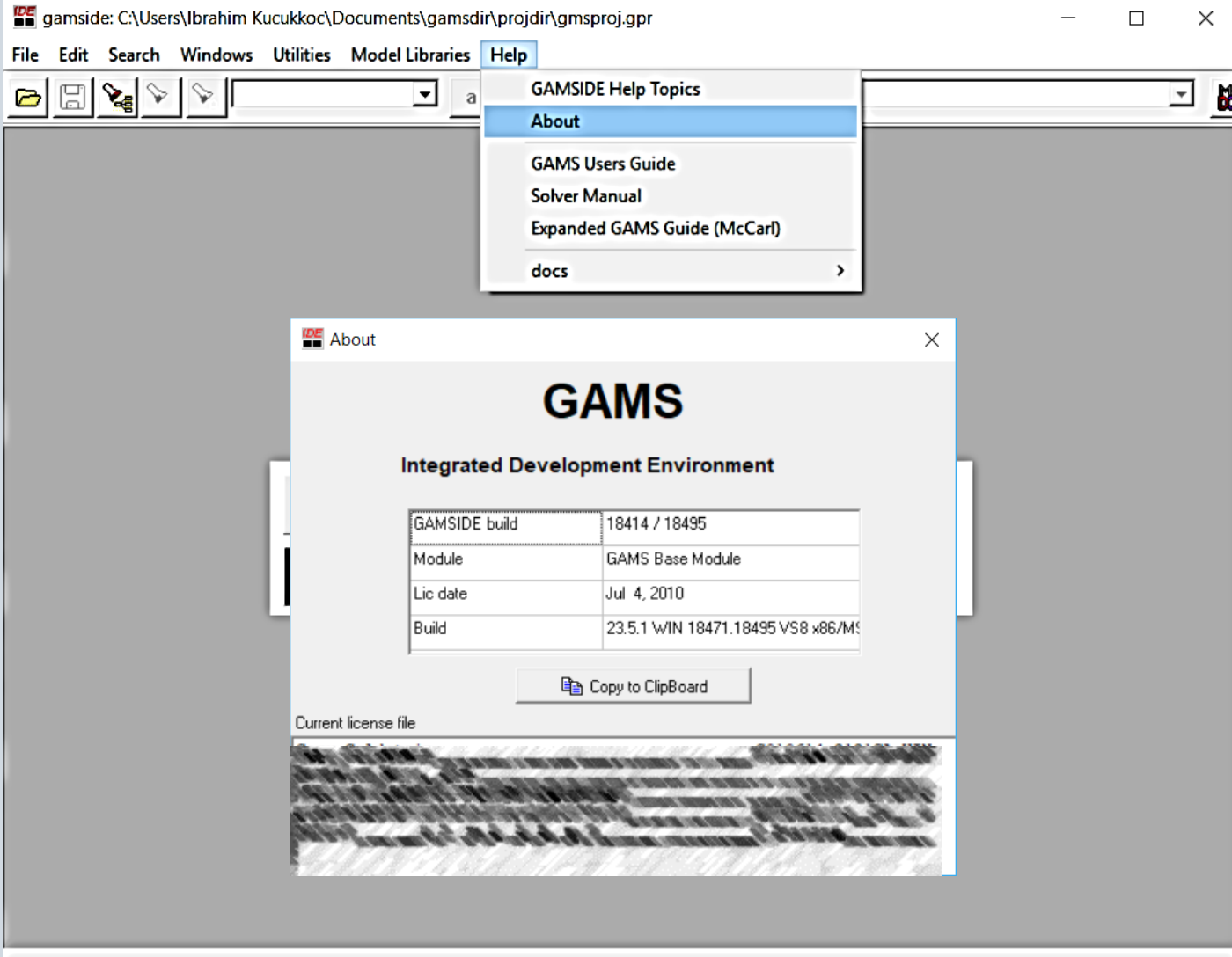
Burada gösterilen “Licence file copied to GAMS directory” mesajı, lisans dosyanızın başarılı bir şekilde yerleştirildiğini ifade etmektedir. Finish’e tıklayarak kurulumu bitirebilirsiniz.

GAMS Kurulumu



Artık GAMS, ilk modeli oluşturmak üzere kullanıma hazır hale gelmiştir.

GAMS Kurulumu

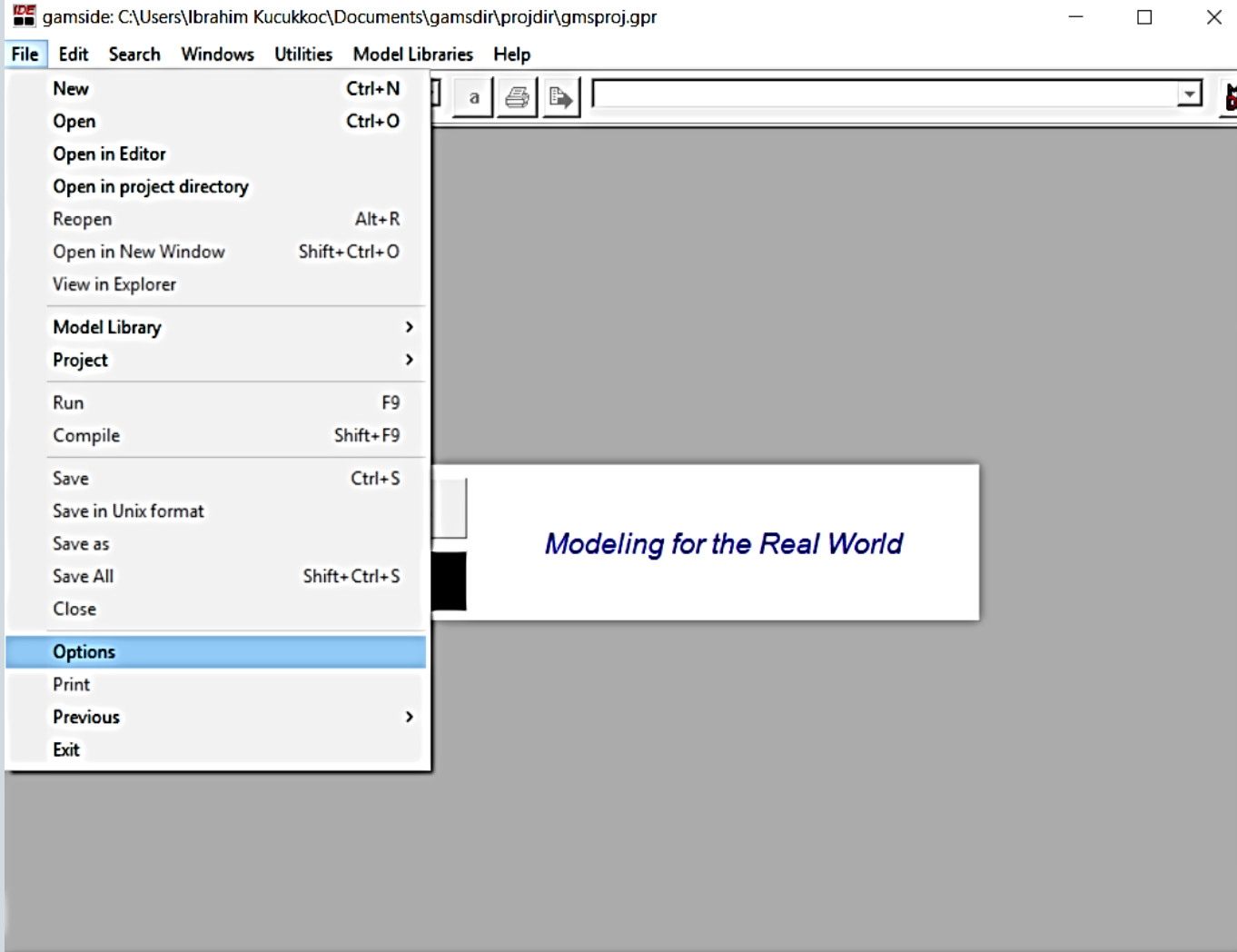


Lisansınızın yapıldığından emin olmak için, “HELP” menüsünden, “About” sekmesine tıklanarak control yapılabilir.

“Current Licence File” alanında gösterilen bilgiler, ürünün lisansının yapıldığını göstermektedir.

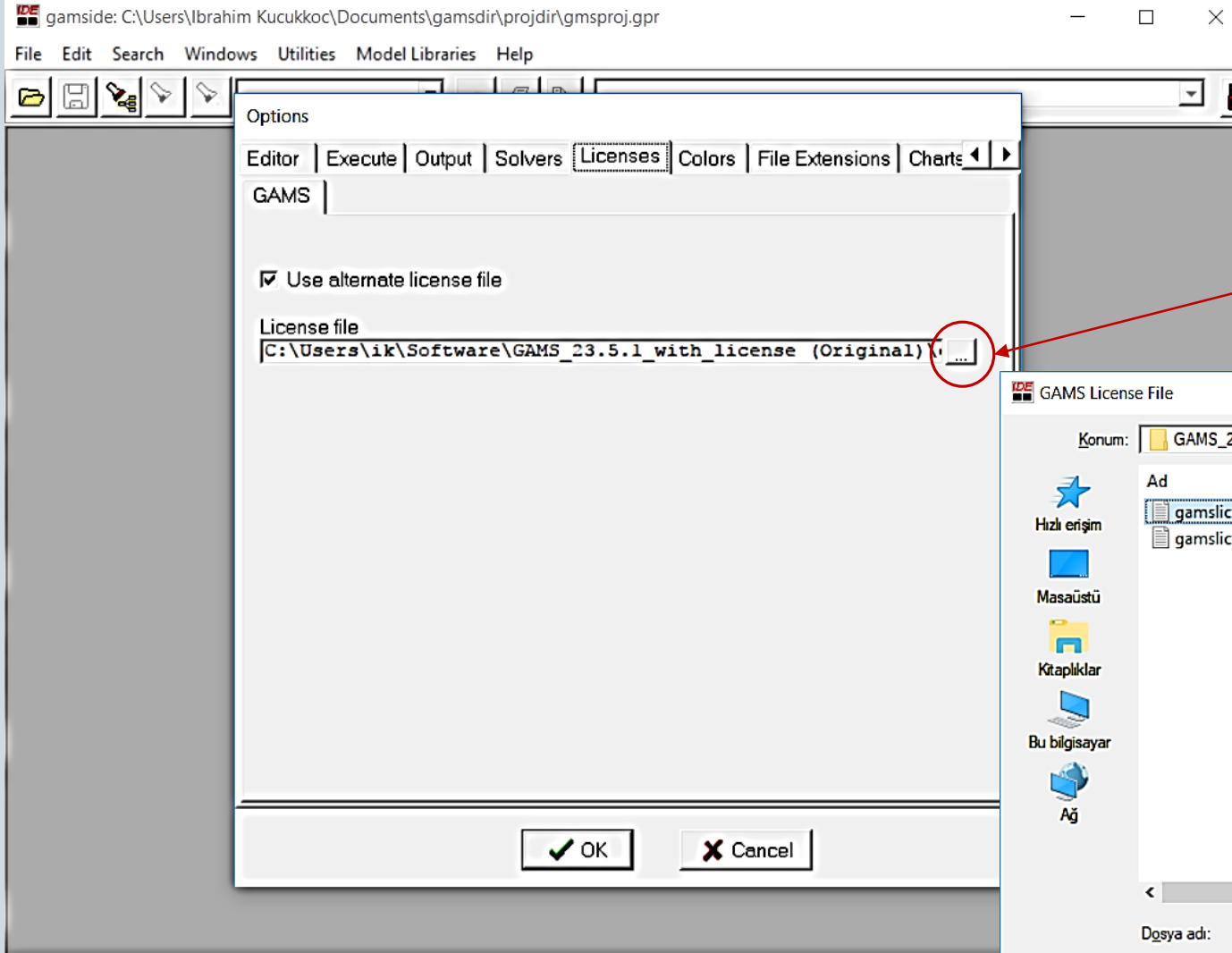
Şayet “Current Licence File” alanı boş ise, ürün lisanslanmamış demektir.

GAMS Kurulumu

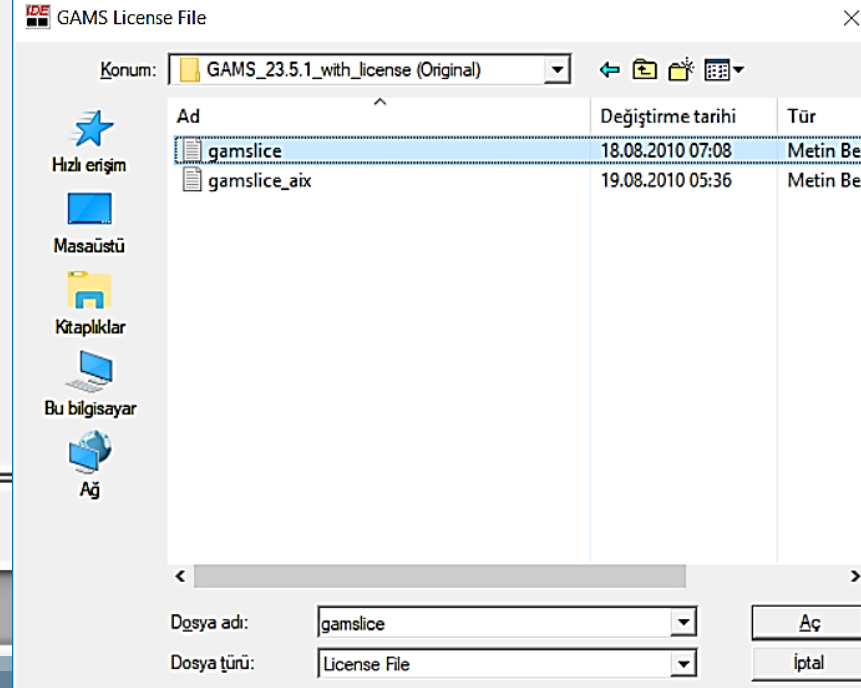


Ürününüzü kurarken lisanslamayı unuttuysanız veya başka bir teknik sebeple lisanslanma başarısız olduysa, “FILE” menüsünden “Options” yolunu izleyerek yeniden lisans dosyanızı tanıtabilirsiniz.

GAMS Kurulumu



Bu alana tıklayarak lisans dosyasının yolunu gösterebilirsiniz.

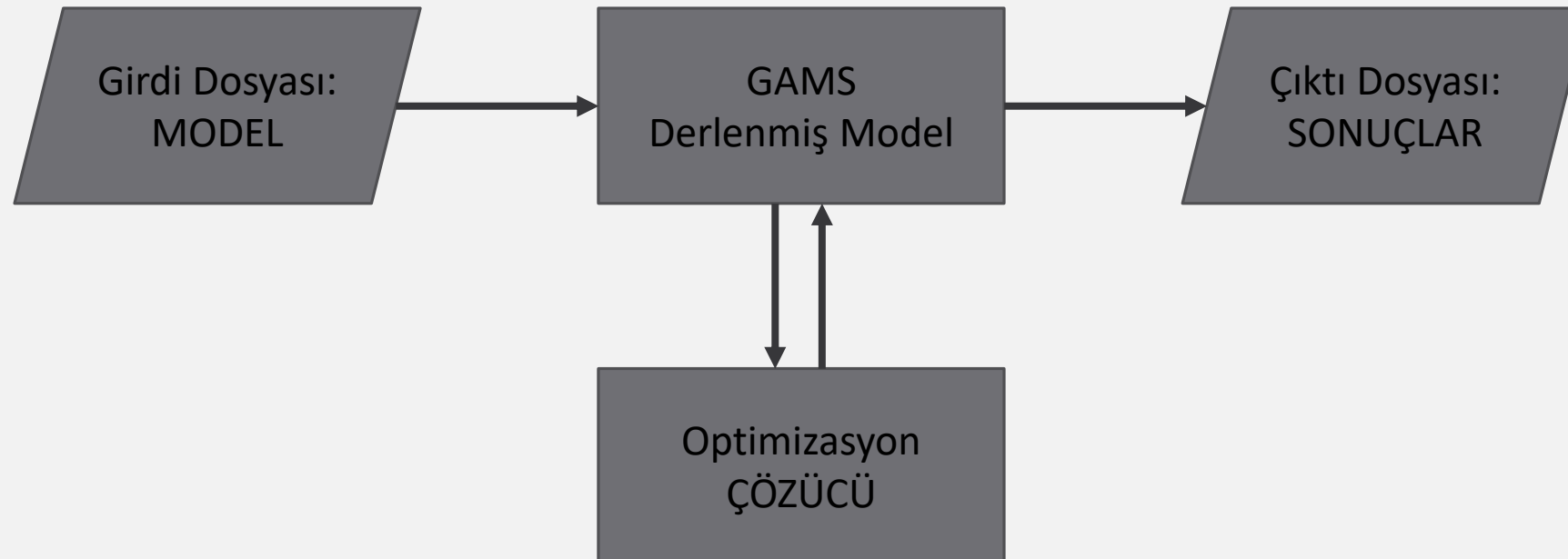


GAMS Nedir?

GAMS (The General Algebraic Modeling System) matematiksel programlama ve optimizasyon için tasarlanan yüksek seviyeli bir dildir.

Doğrusal, Doğrusal Olmayan, Karma Tamsayılı optimizasyon problemleri modellenenebilir.

Büyük, karmaşık problemler modellenenebilir.



GAMS – Örnek 1

Ürün 1 ve ürün 2 olmak üzere 2 farklı ürün imal eden bir firmanın aşağıdaki doğrusal programlama modelini ele aldığımızı varsayalım.

$$\text{Max } Z = 4x_1 + 5x_2$$

$$x_1 + x_2 \leq 60 \quad (\text{I. Numaralı kısıt})$$

$$x_1 - 2x_2 \leq 40 \quad (\text{II. Numaralı kısıt})$$

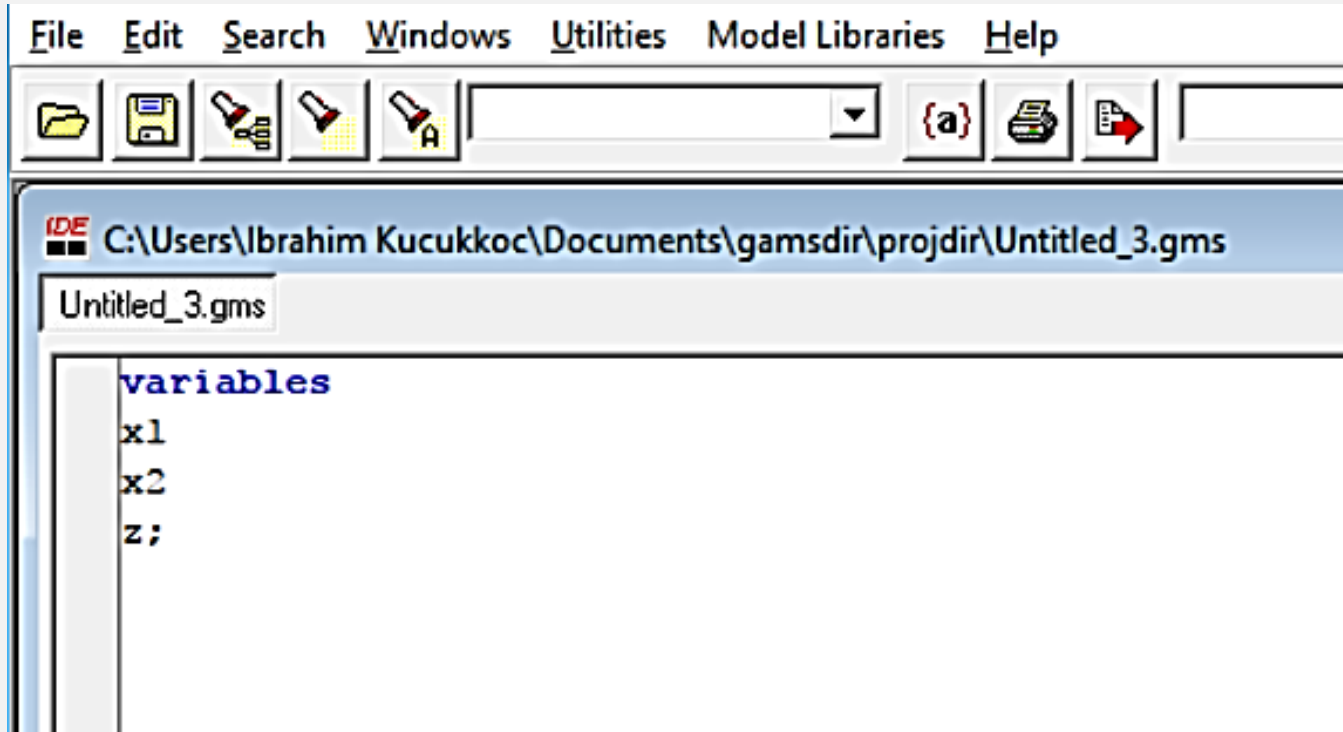
$$x_1 - x_2 \geq 0 \quad (\text{III. Numaralı kısıt})$$

$$x_2 \leq 20 \quad (\text{IV. Numaralı kısıt})$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

GAMS – Örnek 1

Bu modeli GAMS ile modelleyebilmek için önce değişkenlerimizi tanımlamalıyız.

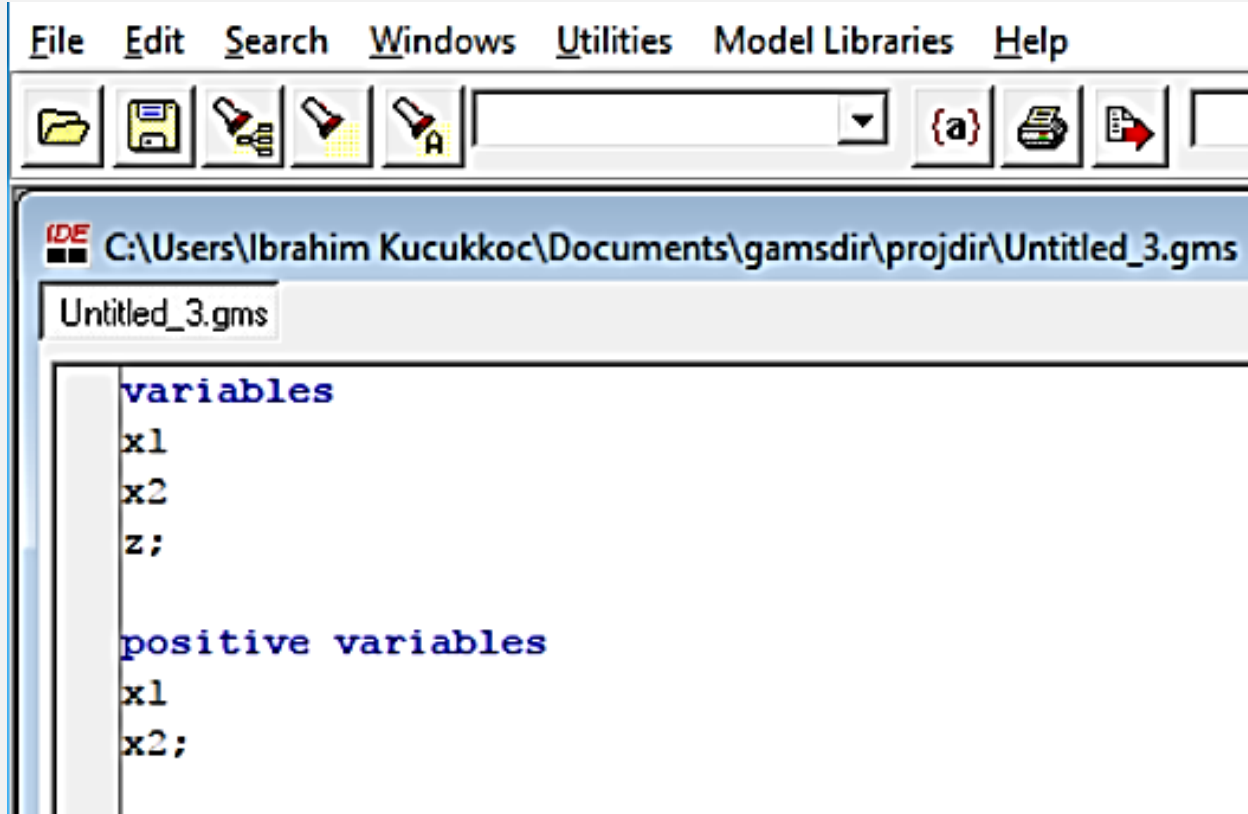


The screenshot shows the GAMS IDE interface. The menu bar includes File, Edit, Search, Windows, Utilities, Model Libraries, and Help. The toolbar contains icons for file operations and a command input field. The title bar of the active window reads "C:\Users\Ibrahim Kucukkoc\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_3.gms". The editor window shows the following code:

```
variables  
x1  
x2  
z;
```

GAMS – Örnek 1

Tanımladığımız x_1 ve x_2 değişkenlerinin pozitif olması gereklidir.



The screenshot shows the GAMS IDE interface. The menu bar includes File, Edit, Search, Windows, Utilities, Model Libraries, and Help. The toolbar contains icons for file operations and a search icon. The title bar indicates the file path: C:\Users\Ibrahim Kucukkoc\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_3.gms. The main window displays the following GAMS code:

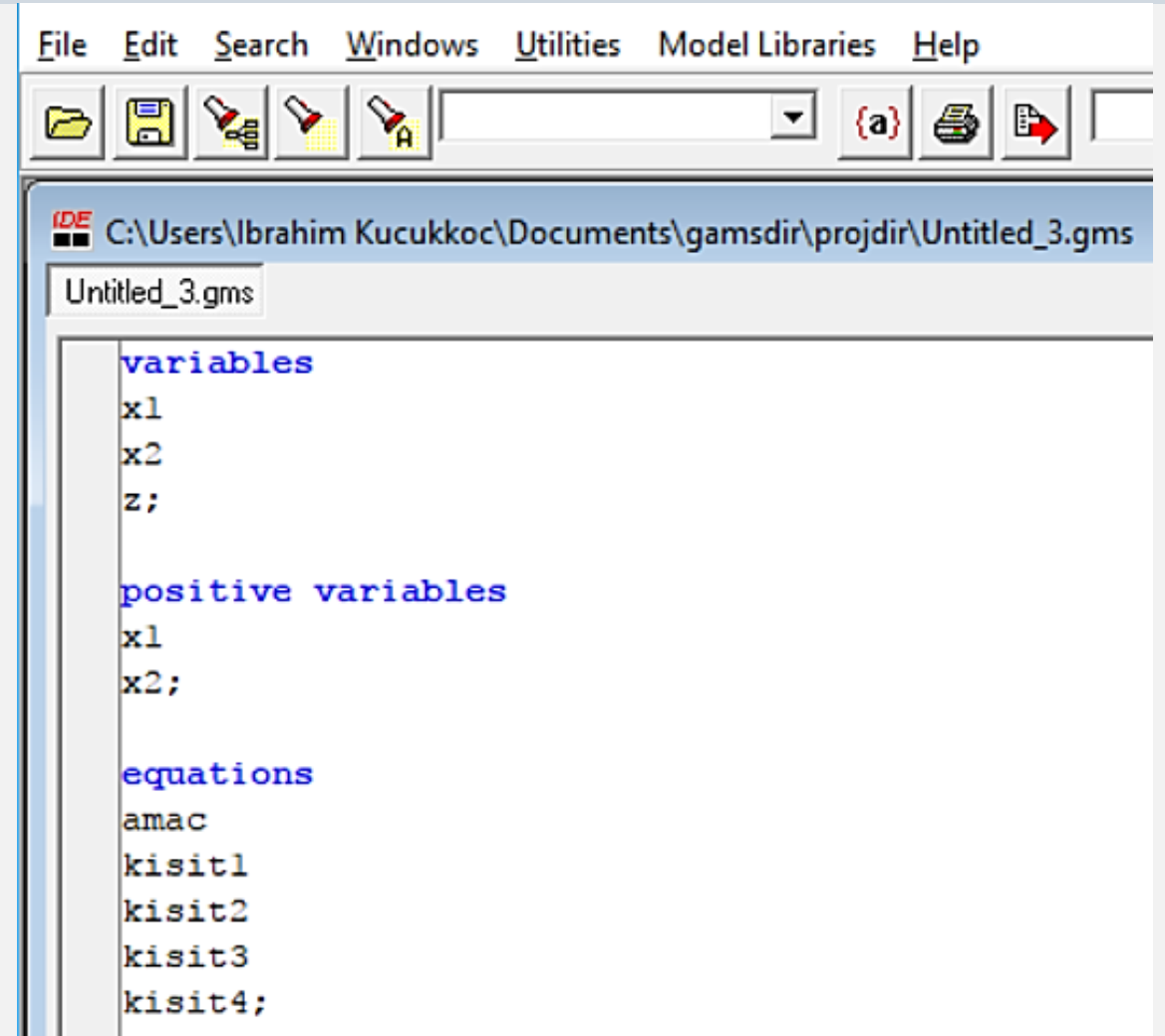
```
variables
x1
x2
z;

positive variables
x1
x2;
```

GAMS – Örnek 1

Daha sonra amaç fonksiyonu ve kısıtları tanımlarız.

Gams kullanırken dikkat etmemiz gereken husus kullanacağımız tüm denklem ve eşitsizlikleri önceden tanımlamamız gerektiğidir.



```
File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help
[Icons: Folder, Save, Print, Run, Stop, Help, Search, Undo, Redo]
IDE C:\Users\Ibrahim Kucukkoc\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_3.gms
Untitled_3.gms

variables
x1
x2
z;

positive variables
x1
x2;

equations
amac
kisit1
kisit2
kisit3
kisit4;
```

GAMS – Örnek 1

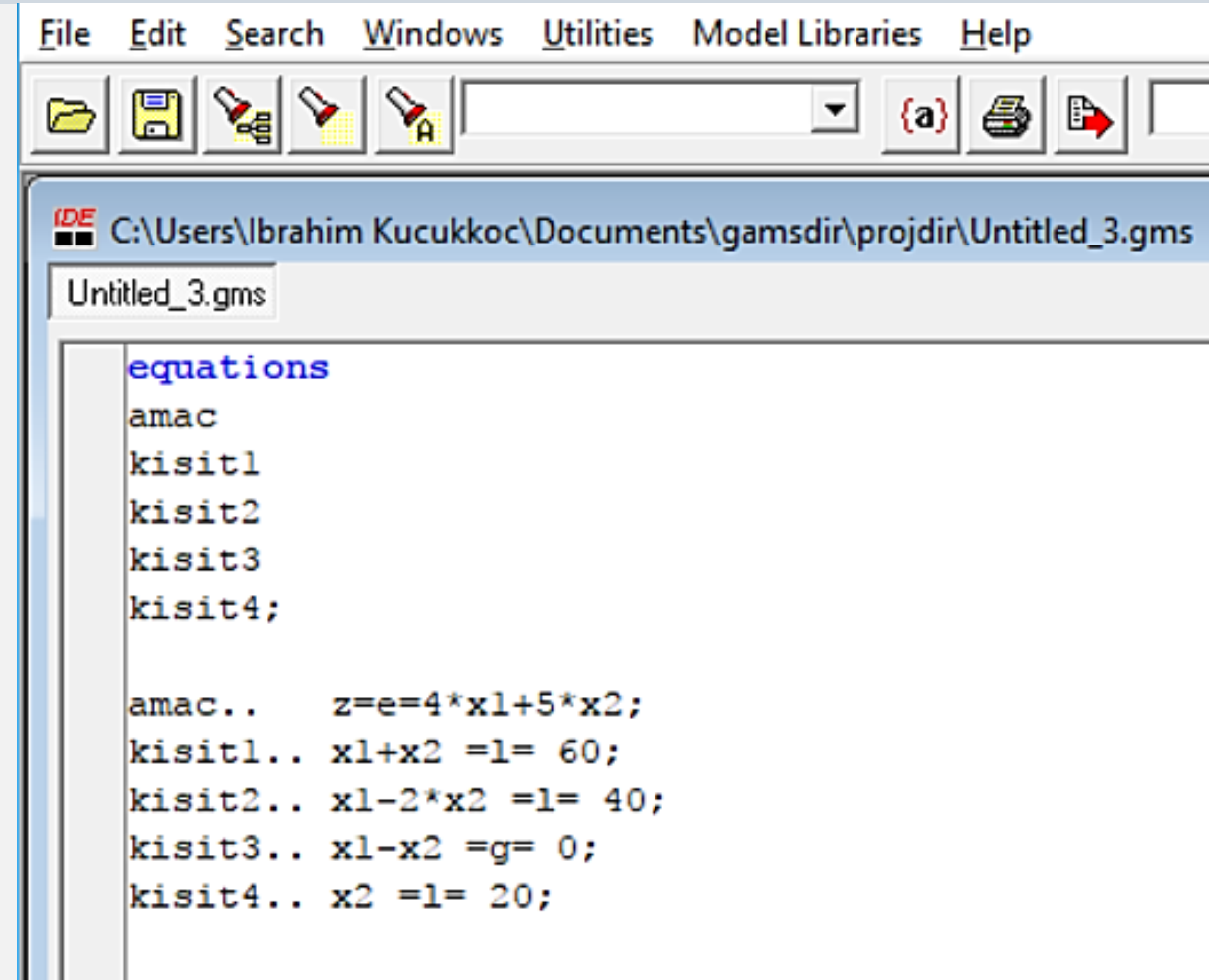
Denklem ve eşitsizlikleri tanımladıktan sonra amaç fonksiyonumuzu ve eşitsizliklerimizi yazmaya başlayabiliriz.

GAMS'de ilişkisel operatörler aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$=$ için $= e =$

$\leq$ için $= l =$

$\geq$ için $= g =$



```
File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help
[Icons: Folder, Save, Print, Find, Run, etc.]
IDE C:\Users\Ibrahim Kucukkoc\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_3.gms
Untitled_3.gms
equations
amac
kisit1
kisit2
kisit3
kisit4;

amac..      z=e=4*x1+5*x2;
kisit1..    x1+x2 =l= 60;
kisit2..    x1-2*x2 =l= 40;
kisit3..    x1-x2 =g= 0;
kisit4..    x2 =l= 20;
```

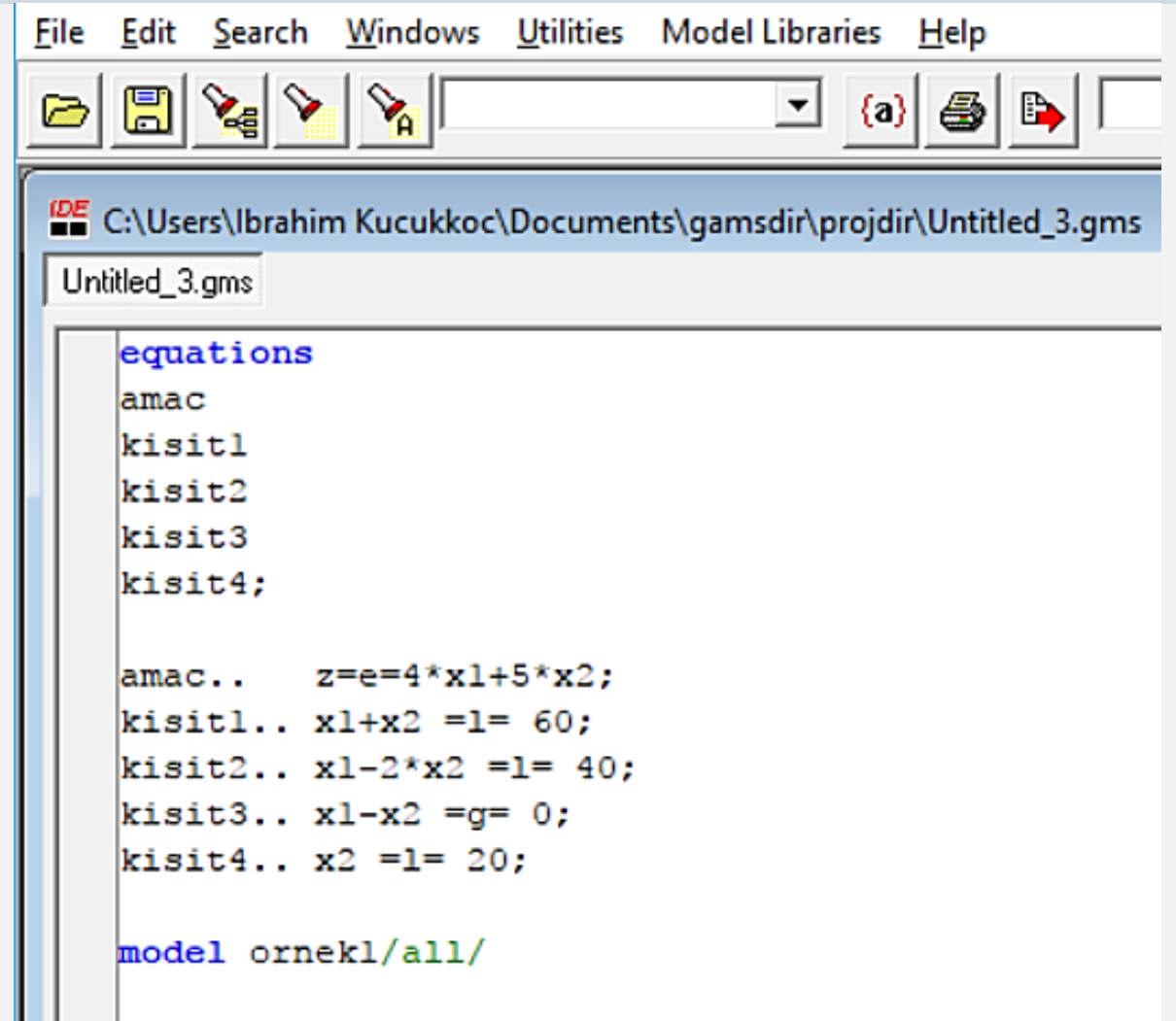
GAMS – Örnek 1

Modelimizi GAMS’de tanımladıktan sonra modelin çözümü için gerekli komutları vermemiz gereklidir.

Bunun için öncelikle modelimize bir isim vermeliyiz.

Örneğimizin adı “ornek1” olursa yandaki gibi modelimizin oluşturulması sağlanabilir.

model ornek1/all/



```
File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help
[Icons: Folder, Save, Print, Run, Stop, Find, Help, etc.]
C:\Users\Ibrahim Kucukkoc\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_3.gms
Untitled_3.gms

equations
amac
kisit1
kisit2
kisit3
kisit4;

amac..      z=e=4*x1+5*x2;
kisit1..    x1+x2 =l= 60;
kisit2..    x1-2*x2 =l= 40;
kisit3..    x1-x2 =g= 0;
kisit4..    x2 =l= 20;

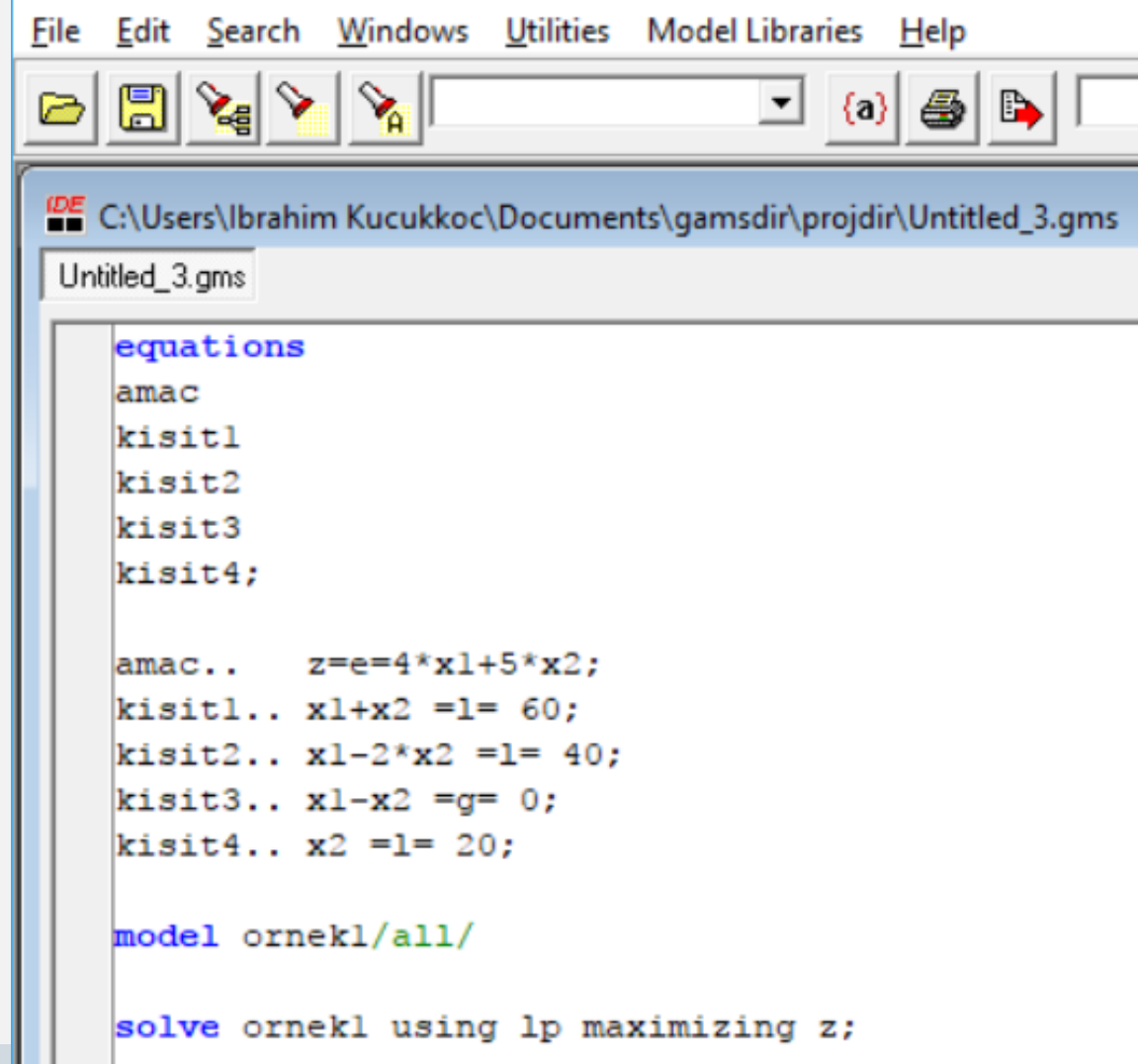
model ornek1/all/
```

GAMS – Örnek 1

- ⦿ Bu komut gereksiz gibi gözükse de aslında ileri seviyede, bir GAMS modeli üstünden bir çok model çalıştırmak isteyen kullanıcılar için çok kullanışlıdır.
- ⦿ “/all/” ifadesindeki “/” işareti ile sınırlandırılan alana, modele dahil edilmesi istenen denklem ve kısıtlar yazılarak model sınırlandırılabilir.
- ⦿ Bu özellik, aynı zamanda her fonksiyonun önce neden tanımlanması gerektiğini açıklamaktadır.
- ⦿ Biz modelimizde tüm kısıtları kullanmak istediğimiz için “all” (tümü) komutunu kullanacağız.

GAMS – Örnek 1

- Son olarak modeli çözmek için “**solve**” komutu çağrılır.
- Bu komutun yapısı aşağıda verilen yapıya uygun olarak oluşturulmalıdır.
 1. “**Solve**” komutu
 2. Çözülmek istenen modelin adı
 3. “**using**” komutu, bu komut kullanmak istediğimiz yöntemi seçim şansı sunar.



The screenshot shows the GAMS IDE interface. The menu bar includes File, Edit, Search, Windows, Utilities, Model Libraries, and Help. The toolbar contains icons for file operations and a search box. The title bar indicates the file path: C:\Users\Ibrahim Kucukkoc\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_3.gms. The main editor window displays the following GAMS code:

```
equations
amac
kisit1
kisit2
kisit3
kisit4;

amac..    z=e=4*x1+5*x2;
kisit1..  x1+x2 =l= 60;
kisit2..  x1-2*x2 =l= 40;
kisit3..  x1-x2 =g= 0;
kisit4..  x2 =l= 20;

model ornek1/all/

solve ornek1 using lp maximizing z;
```

GAMS – Örnek 1

4. Çözüm yöntemi; çözüm yönteminin model yapısına uygun seçilmesi gerekmektedir. GAMS içinde bulunan bazı yöntemler şunlardır.

“lp” doğrusal programlama

“nlp” doğrusal olmayan programlama

“mip” tamsayılı programlama

“rmip” genişletilmiş tamsayılı programlama

“minlp” tamsayılı, doğrusal olmayan programlama

“rminlp” genişletilmiş tamsayılı, doğrusal olmayan programlama

“mpec” denge kısıtlı matematiksel modeller

“cns” kısıtlanmış nonlinear sistemler

GAMS – Örnek 1

5. Amacınıza göre “**minimizing**” veya “**maximizing**” komutu
6. Optimize edilmek istenen değişkenin adı (bu örnekte “**z**”)

W2Ornek1.gms

Kodun Tamamı:

variables

```
x1  
x2  
z;
```

positive variables

```
x1  
x2;
```

equations

```
amac  
kisit1  
kisit2  
kisit3  
kisit4;
```

```
amac.. z=e=4*x1+5*x2;  
kisit1.. x1+x2 =l= 60;  
kisit2.. x1-2*x2 =l= 40;  
kisit3.. x1-x2 =g= 0;  
kisit4.. x2 =l= 20;
```

```
model ornek1/all/
```

```
solve ornek1 using lp maximizing z;
```



C:\Users\Ibrahim Kucukkoc\Documents\gamsdir\projdir\W1Ornek1.lst

W1Ornek1.gms Untitled_3.gms Untitled_4.gms Untitled_4.lst Untitled_5.lst W1Ornek1.lst

- Compilation
 - Equation Listing SOLVE ornek1 Using L
 - Equation
 - Column Listing SOLVE ornek1 Using L
 - Column
 - Model Statistics SOLVE ornek1 Using Lf
 - Solution Report SOLVE ornek1 Using LI
 - SoIEQU
 - SoIVAR

SOLVE SUMMARY

MODEL ornek1 OBJECTIVE z
TYPE LP DIRECTION MAXIMIZE
SOLVER CPLEX FROM LINE 25

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
**** MODEL STATUS 1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE 260.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.003 1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT 1 2000000000

IBM ILOG CPLEX Jul 4, 2010 23.5.1 WIN 18414.18495 VS8 x86/MS Windows
Cplex 12.2.0.0, GAMS Link 34

LP status(1): optimal
Optimal solution found.
Objective : 260.000000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU amac	.	.	.	1.000
---- EQU kisit1	-INF	60.000	60.000	4.000
---- EQU kisit2	-INF	.	40.000	.
---- EQU kisit3	.	20.000	+INF	.
---- EQU kisit4	-INF	20.000	20.000	1.000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR x1	.	40.000	+INF	.
---- VAR x2	.	20.000	+INF	.
---- VAR z	-INF	260.000	+INF	.

No active process

untitled_4 untitled_5 w1ornek1

--- W1Ornek1.gms(25) 3 Mb
--- 5 rows 3 columns 10 non-zeroes
--- Executing CPLEX: elapsed 0:00:00.077

IBM ILOG CPLEX Jul 4, 2010 23.5.1 WIN 18414.18495 VS8
Cplex 12.2.0.0, GAMS Link 34

Reading data...
Starting Cplex...
Tried aggregator 1 time.
LP Presolve eliminated 2 rows and 1 columns.
Reduced LP has 3 rows, 2 columns, and 6 nonzeros.
Presolve time = 0.00 sec.

Iteration	Dual Objective	In Variable
1 I	0.000000	x1

LP status(1): optimal

Optimal solution found.
Objective : 260.000000

--- Restarting execution
--- W1Ornek1.gms(25) 0 Mb
--- Reading solution for model ornek1
*** Status: Normal completion
--- Job W1Ornek1.gms Stop 02/07/18 19:07:42 elapsed 0:00:00

Close Open Log ☐ Summary only ☒ Update

Örnek 2

ABC firması, standart ve lüks bilgisayar olarak adlandırdığı iki tip bilgisayar üretmektedir.

Standart bilgisayarlar için normal kapasiteli, lüks bilgisayarlar içinse yüksek kapasiteli sabit disk (SD) kullanılmaktadır. Ayrıca standart bilgisayarlarda bir adet, lüks bilgisayarlarda iki adet RAM vardır.

Firma, standart bilgisayar başına \$30, lüks bilgisayar başına \$50 kar etmektedir.

Bir ayda en çok 60 adet normal kapasiteli SD, 50 adet yüksek kapasiteli SD ve 120 adet RAM kullanılabilir.

Firma, stok değerlerini aşmayacak şekilde iki tip bilgisayardan ayda kaç adet üretmesi durumunda kar maksimize edilecektir?

Firmanın aylık standart bilgisayar üretim miktarı X_s , aylık lüks bilgisayar üretimi X_l ile gösterilirse; amaç karı maksimize etmek olduğundan amaç fonksiyonu:

$$\text{Max: } 30X_s + 50X_l$$

Kısıtlar:

$$X_s \leq 60$$

$$X_l \leq 50$$

$$X_s + 2X_l \leq 120$$

$$X_s, X_l \geq 0$$

W3Ornek2.gms

```
variables
xs, xl
z;

positive variables
xs, xl;

equations
amac
kisit1
kisit2
kisit3
;

amac..    z =e= 30*xs+50*xl;
kisit1..  xs =l= 60;
kisit2..  xl =l= 50;
kisit3..  xs + 2*xl =l= 120;

model ornek3 /all/;
solve ornek3 using lp maximizing z;
```

Reading data...
 Starting Cplex...
 Tried aggregator 1 time.
 LP Presolve eliminated 3 rows and 1 columns.
 Reduced LP has 1 rows, 2 columns, and 2 nonzeros.
 Presolve time = 0.00 sec.

Iteration	Dual Objective	In Variable
1	3300.000000	x1

LP status(1): optimal

Optimal solution found.
 Objective : 3300.000000

S O L V E S U M M A R Y

MODEL	ornek3	OBJECTIVE	z
TYPE	LP	DIRECTION	MAXIMIZE
SOLVER	CPLEX	FROM LINE	21

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
 **** MODEL STATUS 1 Optimal
 **** OBJECTIVE VALUE 3300.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT	0.035	1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT	1	2000000000

LP status(1): optimal
 Optimal solution found.
 Objective : 3300.000000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU amac	.	.	.	1.000
---- EQU kisit1	-INF	60.000	60.000	5.000
---- EQU kisit2	-INF	30.000	50.000	.
---- EQU kisit3	-INF	120.000	120.000	25.000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR xs	.	60.000	+INF	.
---- VAR x1	.	30.000	+INF	.
---- VAR z	-INF	3300.000	+INF	.

Ödev 1

Aşağıdaki problemi GAMS ile çözünüz.

$$\max P = 20x_1 + 10x_2 + 15x_3$$

Subject to

$$3x_1 + 2x_2 + 5x_3 \leq 55$$

$$2x_1 + x_2 + x_3 \leq 26$$

$$x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 30$$

$$5x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 57$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Bir GAMS Modelinin Temel Bileşenleri

Inputs:

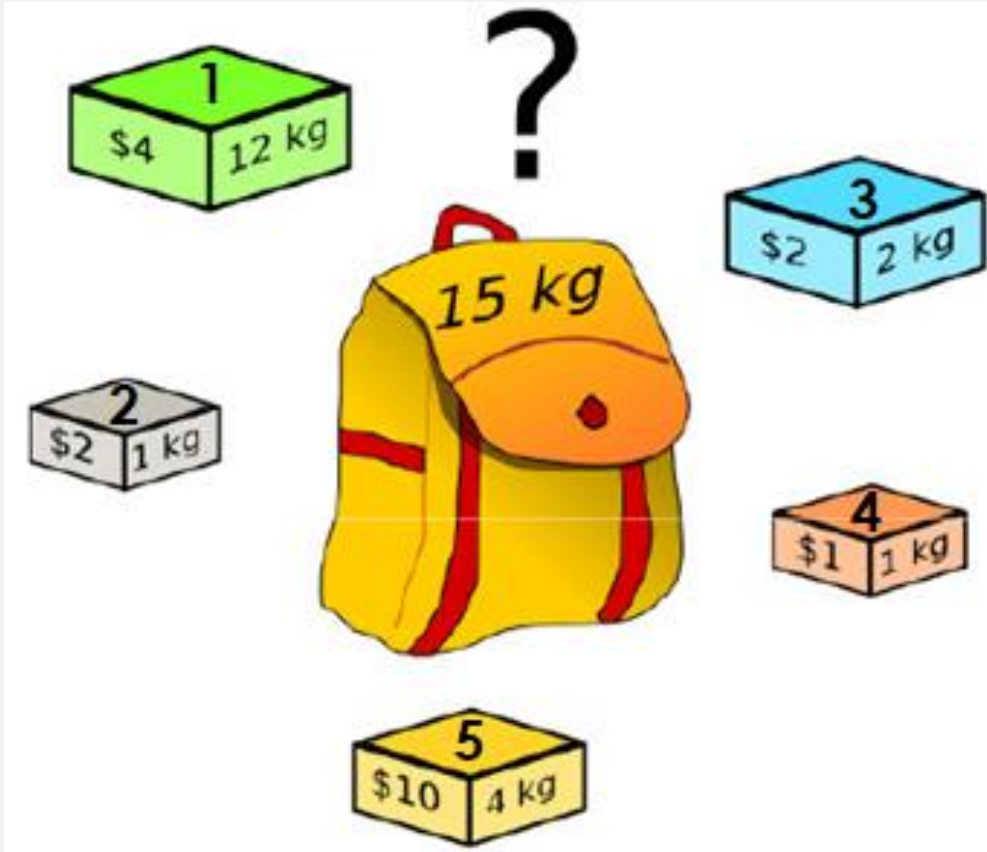
- Sets
 - Declaration
 - Assignment of members
- Data (Parameters, Tables, Scalars)
 - Declaration
 - Assignment of values
- Variables
 - Declaration
 - Assignment of type
- Assignment of bounds and/or initial values (optional)
- Equations
 - Declaration
 - Definition
- Model and Solve statements
- Display statement (optional)

Outputs:

- Echo Print
- Reference Maps
- Equation Listings
- Status Reports
- Results

Sırt Çantası (Knapsack) Problemi Örneği

Sırt çantası (knapsack) problemi, sınırlı olarak verilen kapasite kısıtını sağlarken faydayı maksimize etmeye çalışma problemidir.



n : eşya sayısı ($i = 1, 2, \dots, n$)

w_i : i eşyasının ağırlığı (kg)

v_i : i eşyasının faydası (\$)

W : Çantanın kapasitesi (kg)

X_i : 1, eğer i eşyası alınmışsa; 0, alınmamışsa

$$\max \sum_i v_i * X_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Kapasite Kısıtı:
$$\sum_i w_i * X_i \leq W$$

İşaret Kısıtı:
$$X_i \in \{0, 1\}$$

```
set
  i eşya numarası /1*5/
;
* i eşya numarası /1,2,3,4,5/

parameters
  we(i) eşya ağırlığı
  /1 12
   2 1
   3 2
   4 1
   5 4/

  v(i) eşyanın değeri
  /1 4
   2 2
   3 2
   4 1
   5 10/
;

scalar W çanta kapasitesi /15/;
```



```
variables
  X(i) karar değişkeni
  Z amaç fonk
;

binary variables
X(i)
;

equations
  amac
  kisit1
;

amac.. Z =e= sum(i, v(i)*X(i));
kisit1.. sum(i, we(i)*X(i)) =l= W;

model knapsack /all/;
solve knapsack using mip maximizing Z;
```

Sum kullanmadan yapılmak istenirse, amaç fonksiyonu ve kısıt aşağıdaki şekilde de tanımlanabilir:

```
equations
amac
kisit1
;

amac.. Z =e= v("1")*X('1')+v("2")*X('2')+v("3")*X('3')+v("4")*X('4')+v("5")*X('5');
kisit1.. we("1")*X('1')+we("2")*X('2')+we("3")*X('3')+we("4")*X('4')+we("5")*X('5') =1= W;

model knapsack /all/;
solve knapsack using mip maximizing Z;
```

S O L V E S U M M A R Y

MODEL knapsack OBJECTIVE Z
TYPE MIP DIRECTION MAXIMIZE
SOLVER CPLEX FROM LINE 42

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
**** MODEL STATUS 1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE 15.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.056 1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT 1 2000000000

Görüleceği üzere X2, X3, X4 ve X5 karar değişkenleri 1 değerini almışlardır.

Bu durumda amaç fonksiyonu değeri \$15 olmuştur.

Çanta ağırlığı da 8 kg'dır.

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU amac	.	.	.	1.000
---- EQU kisit1	-INF	8.000	15.000	.

---- VAR X karar değişkeni

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	.	.	1.000	4.000
2	.	1.000	1.000	2.000
3	.	1.000	1.000	2.000
4	.	1.000	1.000	1.000
5	.	1.000	1.000	10.000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR Z	-INF	15.000	+INF	.

Z amaç fonk

Bütçe Kısıtlı Proje Seçimi

Bir şirket gelecek yıl için sekiz olası proje yatırımını değerlendirmektedir. Her bir projenin beklenen getirisi ve her bir proje için yapılması gereken başlangıç yatırımı tabloda verilmiştir. Bütçeyi (\$1.5 milyon) aşmayarak karı maksimize edecek şekilde hangi projelerin yatırıma dahil edilmesi gerektiğine karar veriniz.

Proje No	Beklenen Getiri	Baslangic Yatirimi
1	\$500.000	\$425.000
2	\$750.000	\$450.000
3	\$1.000.000	\$550.000
4	\$600.000	\$300.000
5	\$500.000	\$150.000
6	\$500.000	\$250.000
7	\$450.000	\$350.000
8	\$500.000	\$325.000

*Bütçe Kısıtlı Proje Seçimi

sets

i yatırım numarası /1*8/
;

parameters

g(i) beklenen getiri
/1 500
2 750
3 1000
4 600
5 500
6 500
7 450
8 500/

y(i) başlangıç yatırımı

/1 425
2 450
3 550
4 300
5 150
6 250
7 350
8 325/

;

scalar B bütçe /1500/;

variable

x(i) eğer i projesine yatırım yapılmışsa 1 değilse 0
z amaç fonk değeri
;

binary variable

x(i)
;

equations

amac
kisit bütçe yatırımı
;

amac.. z=e=sum(i, x(i)*(g(i)-y(i)));

kisit.. sum(i, x(i)*y(i)) =l= B;

model butce /all/;

solve butce using mip maximizing z;

S O L V E S U M M A R Y

MODEL butce OBJECTIVE z
 TYPE MIP DIRECTION MAXIMIZE
 SOLVER CPLEX FROM LINE 49

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
 **** MODEL STATUS 8 Integer Solution
 **** OBJECTIVE VALUE 1400.0000

MIP Solution: 1400.000000 (1 iterations, 0 nodes)
 Final Solve: 1400.000000 (0 iterations)
 Best possible: 1516.666667
 Absolute gap: 116.666667
 Relative gap: 0.083333

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

---- EQU amac . . . 1.000
 ---- EQU kisit -INF 1450.000 1500.000 .

kisit bütçe yatırımı

---- VAR x eğer i projesine yatırım yapılmışsa 1 değilse 0

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	.	.	1.000	75.000
2	.	1.000	1.000	300.000
3	.	1.000	1.000	450.000
4	.	1.000	1.000	300.000
5	.	1.000	1.000	350.000
6	.	.	1.000	250.000
7	.	.	1.000	100.000
8	.	.	1.000	175.000

Probleme aşağıdaki gibi yeni bir kısıt daha ekleyelim:
 - İlk dört projeye yapılabilecek yatırım tutarı \$1milyon'u aşamaz.

*Bütçe Kısıtlı Proje Seçimi

*Yeni Kısıt: İlk dört projeye yapılacak yatırım tutarı 1000 (\$K) 'ı geçemez!

sets

i yatırım numarası /1*8/;

parameters

g(i) beklenen getiri (\$K)

/1 500
 2 750
 3 1000
 4 600
 5 500
 6 500
 7 450
 8 500/

y(i) başlangıç yatırımı (\$K)

/1 425
 2 450
 3 550
 4 300
 5 150
 6 250
 7 350
 8 325/

;

scalar B bütçe (\$K) /1500/;

scalar V ilk dört proje için bütçe /1000/;

variable

x(i) eğer i projesine yatırım yapılmışsa 1 değilse 0

z amaç fonk değeri

;

binary variable

x(i)

;

equations

amac

kisit toplam bütçe kısıtı

kisit2 ilk dört proje için bütçe kısıtı

;

amac.. z=e=sum(i, x(i)*(g(i)-y(i)));

kisit.. sum(i, x(i)*y(i)) =l= B;

*kisit2.. x('1')*y('1')+ x('2')*y('2')+x('3')*y('3')+x('4')*y('4') =l= V;

kisit2.. sum(i\$(ord(i)<=4), x(i)*y(i)) =l= V;

model butce /all/;

solve butce using mip maximizing z;

S O L V E S U M M A R Y

MODEL butce OBJECTIVE z
TYPE MIP DIRECTION MAXIMIZE
SOLVER CPLEX FROM LINE 52

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
**** MODEL STATUS 8 Integer Solution
**** OBJECTIVE VALUE 1350.0000

MIP Solution: 1350.000000 (2 iterations, 0 nodes)
Final Solve: 1350.000000 (0 iterations)

Best possible: 1484.615385
Absolute gap: 134.615385
Relative gap: 0.099715

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

---- EQU amac . . . 1.000
---- EQU kisit -INF 1250.000 1500.000 .
---- EQU kisit2 -INF 850.000 1000.000 .

kisit toplam bütçe kısıtı
kisit2 ilk dört proje için bütçe kısıtı

---- VAR x eğer i projesine yatırım yapılmışsa 1 değilse 0

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

1	.	.	1.000	75.000
2	.	.	1.000	300.000
3	.	1.000	1.000	450.000
4	.	1.000	1.000	300.000
5	.	1.000	1.000	350.000
6	.	1.000	1.000	250.000
7	.	.	1.000	100.000
8	.	.	1.000	175.000

Ahşap Üretim Problemi

Dört tip ahşap panelin (A, B, C, D) üretildiği bir sistemi ele alalım. Her ahşap panel, çam ve meşe talaşlarının farklı miktarlarda karıştırılıp yapıştırılması ve preslenmesi sonucu oluşmaktadır.

Aşağıdaki tablo, değişik panel tipleri için bir palet panel üretiminde kullanılması gereken kaynak miktarlarını göstermektedir.

Her Bir Palet İçin Gerekli Kaynak Miktarı				
	A	B	C	D
Yapıştırıcı (litre) – $y(i)$	50	50	100	50
Sıkıştırma (saat) – $s(i)$	5	15	10	5
Çam Talaşı (kg) – $c(i)$	500	400	300	200
Meşe Talaşı (kg) – $m(i)$	500	750	250	500

Eldeki (mevcut) kaynak miktarları şu şekildedir:

5800 litre yapıştırıcı (Y)

730 saat sıkıştırma kapasitesi (S)

29200 kg çam talaşı (C)

60500 kg meşe talaşı (M)

Her bir palet A, B, C ve D paneli sırasıyla \$450, \$1150, \$800 ve \$400 dolara satılmaktadır.

Firma karını maksimize etmek için her bir panel tipinden kaç palet üretmelidir?

Öncelikle problem matematiksel model olarak ifade edilmelidir.

Karar değişkenleri A, B, C ve D modellerinin üretim miktarlarıdır. Bunlar sırasıyla X_1 , X_2 , X_3 ve X_4 olarak düşünülürse amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\text{Max } Z = 450X_1 + 1150X_2 + 800X_3 + 400X_4$$

Kaynak kullanımlarına ilişkin kısıtlar aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$50 X_1 + 50 X_2 + 100 X_3 + 50 X_4 \leq 5800 \text{ (yapıştırıcı)}$$

$$5 X_1 + 15 X_2 + 10 X_3 + 5 X_4 \leq 730 \text{ (sıkıştırma)}$$

$$500 X_1 + 400 X_2 + 300 X_3 + 200 X_4 \leq 29200 \text{ (çam)}$$

$$500 X_1 + 750 X_2 + 250 X_3 + 500 X_4 \leq 60500 \text{ (meşe)}$$

Herhangi bir panelin üretim miktarı 0'dan küçük olamayacağı için:

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$$

```
variables
x1, x2, x3, x4
z;

positive variables
x1, x2, x3, x4;

equations
amac
kisit1
kisit2
kisit3
kisit4
;

amac..    z =e= 450*x1+1150*x2+800*x3+400*x4;
kisit1..  50*x1 + 50*x2 + 100*x3 + 50*x4 =l= 5800;
kisit2..  5*x1 + 15*x2 + 10*x3 + 5*x4 =l= 730;
kisit3..  500*x1 + 400*x2 + 300*x3 + 200*x4 =l= 29200;
kisit4..  500*x1 + 750*x2 + 250*x3 + 500*x4 =l= 60500;

model ornek3 /all/;
solve ornek3 using lp maximizing z;
```

S O L V E S U M M A R Y

MODEL ornek3 OBJECTIVE z
 TYPE LP DIRECTION MAXIMIZE
 SOLVER CPLEX FROM LINE 23

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
 **** MODEL STATUS 1 Optimal
 **** OBJECTIVE VALUE 58800.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.005 1000.000
 ITERATION COUNT, LIMIT 4 2000000000

LP status(1): optimal
 Optimal solution found.
 Objective : 58800.000000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU amac	.	.	.	1.000
---- EQU kisit1	-INF	5800.000	5800.000	0.429
---- EQU kisit2	-INF	730.000	730.000	71.429
---- EQU kisit3	-INF	29200.000	29200.000	0.143
---- EQU kisit4	-INF	32500.000	60500.000	.

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR x1	.	23.000	+INF	.
---- VAR x2	.	15.000	+INF	.
---- VAR x3	.	39.000	+INF	.
---- VAR x4	.	.	+INF	-7.143
---- VAR z	-INF	58800.000	+INF	.

Modeli bu şekilde açık olarak yazmak doğru olmasına rağmen, bu yaklaşım kullanıldığında büyük kapsamlı modellerin yazılmasında problemler çıkabilir. Bu sebeple yazım üstünde bazı değişiklikler yapılabilir.

Modelde verilen dört karar değişkeninin ayrı ayrı tanımlanmasına gerek yoktur. Bunun yerine bir x değişkeni tanımlanıp, dört ayrı **indis** atanabilir.

GAMS modellerinde indislerin “**set**” komutu ile tanımlanabileceği gösterilmişti.

set i /1, 2, 3, 4/

Bu komut aynı sonucu verecek şekilde aşağıdaki gibi de yazılabilir:

set i /1*4/

Ayrıca parametreler ve scalar değerler de kullanılabilir.

Bu model kapalı formda aşağıdaki şekilde yazılabilir:

Amaç Fonksiyonu:

$$\max Z = \sum_{i \in I} p_i X_i$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i \in I} y_i X_i \leq Y$$

$$\sum_{i \in I} s_i X_i \leq S$$

$$\sum_{i \in I} c_i X_i \leq C$$

$$\sum_{i \in I} m_i X_i \leq M$$

$$X_i \geq 0, \quad \forall i \in I$$

Notasyon:

I : Ürün kümesi (A, B, C, D)

p_i : Bir palet i ürünü satışından elde edilecek gelir

y_i : Bir palet i ürünü için gerekli yapıştırıcı miktarı

s_i : Bir palet i ürünü için gerekli sıkıştırma kapasitesi kullanım miktarı

c_i : Bir palet i ürünü için gerekli çam talaşı miktarı

m_i : Bir palet i ürünü için gerekli meşe talaşı miktarı

X_i : i ürününden üretilecek miktar (palet)

Y : Mevcut yapıştırıcı kapasitesi

S : Mevcut sıkıştırma kapasitesi

C : Mevcut çam talaşı kapasitesi

M : Mevcut meşe talaşı kapasitesi

```

sets
i /1*4/

variables
x(i)
z;

positive variables
x(i);

parameters
y(i) yapıştırıcı
/ 1 50
  2 50
  3 100
  4 50/

s(i) yapıştırıcı
/ 1 5
  2 15
  3 10
  4 5/

c(i) yapıştırıcı
/ 1 500
  2 400
  3 300
  4 200/

m(i) yapıştırıcı
/ 1 500
  2 750
  3 250
  4 500/

```

```

p(i) yapıştırıcı
/ 1 450
  2 1150
  3 800
  4 400/
;

scalars
YK /5800/
SK /730/
CK /29200/
MK /60500/
;

equations
amac
kisit1
kisit2
kisit3
kisit4
;

amac.. z =e= sum(i, p(i)*x(i));
kisit1.. sum(i, y(i)*x(i)) =l= YK;
kisit2.. sum(i, s(i)*x(i)) =l= SK;
kisit3.. sum(i, c(i)*x(i)) =l= CK;
kisit4.. sum(i, m(i)*x(i)) =l= MK;

model ornek3 /all/;
solve ornek3 using lp maximizing z;

```

S O L V E S U M M A R Y

MODEL ornek3 OBJECTIVE z
TYPE LP DIRECTION MAXIMIZE
SOLVER CPLEX FROM LINE 65

LP status(1): optimal
Optimal solution found.
Objective : 58800.000000

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
**** MODEL STATUS 1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE 58800.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.003 1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT 4 20000000000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU amac	.	.	.	1.000
---- EQU kisit1	-INF	5800.000	5800.000	0.429
---- EQU kisit2	-INF	730.000	730.000	71.429
---- EQU kisit3	-INF	29200.000	29200.000	0.143
---- EQU kisit4	-INF	32500.000	60500.000	.

---- VAR x

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	.	23.000	+INF	.
2	.	15.000	+INF	.
3	.	39.000	+INF	.
4	.	.	+INF	-7.143

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR z	-INF	58800.000	+INF	.